МЧС РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Уральский институт Государственной противопожарной службы
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны,
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Кафедра физико-технических основ безопасности

Электротехника

Методические рекомендации для подготовки к зачету и экзамену

Специальность
20.05.01 Пожарная безопасность
(уровень специалитета)

Екатеринбург
2022 г.

Электротехника [Текст]: Методические рекомендации для подготовки к зачету и экзамену. Специальность 20.05.01 Пожарная безопасность (уровень специалитета) / сост. А.В. Борисенко, А.Р. Курочкин – Екатеринбург: ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России, 2022. – 125 с.

Составители:

Борисенко А.В., к.ф.-м.н., доцент кафедры физико-технических основ безопасности Уральского института ГПС МЧС России;

Курочкин А.Р., к.ф.-м.н., старший преподаватель кафедры физико-технических основ безопасности Уральского института ГПС МЧС России.

Методические рекомендации предназначены для обучающихся в Уральском институте ГПС МЧС России по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность (уровень специалитета). В рекомендациях приведены методические указания для подготовки к зачету и экзамену по дисциплине «Электротехника»; обобщенные требования к знаниям и умениям обучающихся по результатам освоения дисциплин; перечень вопросов и примеры решения типовых задач, выносимых на зачет и экзамен.

© Уральский институт ГПС МЧС России, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие рекомендации по подготовке к зачету и экзамену 4
2. Перечень теоретических вопросов, выносимых на зачет 9
3. Перечень теоретических вопросов, выносимых на экзамен..... 15
4. Примеры решения типовых задач, выносимых на зачет и экзамен 28
Литература 124

1. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЗАЧЕТУ И ЭКЗАМЕНУ

Дисциплина «Электротехника» закладывает основы любого технического образования, так как в ходе ее изучения рассматриваются вопросы получения, преобразования и использования электроэнергии в практической деятельности человека. Отрицательные проявления свойств электрической энергии зачастую являются причиной возникновения чрезвычайных ситуаций, поэтому данная дисциплина играет важную роль в профессиональной подготовке будущих специалистов в области эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов.

В ходе освоения дисциплины обучающиеся должны не только усвоить теоретический материал, но и уметь применять его при решении практических задач. В качестве формы итогового контроля по результатам освоения дисциплины «Электротехника» предусмотрены зачет и экзамен. Они являются формами итогового контроля знаний и умений, полученных на лекциях, практических и лабораторных занятиях, в процессе самостоятельной работы.

В период подготовки к зачету и экзамену обучающиеся должны вновь обратиться к пройденному учебному материалу. Подготовка к зачету и экзамену включает в себя самостоятельную работу в течение семестров и подготовку к ответу на вопросы, содержащиеся в билетах, в дни, предшествующие отчетности. Литература, рекомендуемая для подготовки к зачету и экзамену, приведена в данных методических рекомендациях в соответствующем разделе.

Основным источником подготовки к зачету и экзамену является конспект лекций, где учебный материал дается в систематизированном виде, основные положения его детализируются, подкрепляются современными фактами и информацией, которые в силу новизны не вошли в опубликованные печатные источники. Также следует использовать результаты выполнения лабораторных работ.

При подготовке к вопросам, выносимым на зачет и экзамен, для обеспечения полноты ответа на вопрос и лучшего запоминания теоретического материала рекомендуется составлять план ответа на конкретный вопрос. Это позволит сэкономить время для подготовки непосредственно перед зачетом или экзаменом за счет обращения не к литературе, а к своим записям. Работу над темой можно считать завершенной, если вы сможете ответить на все контрольные вопросы и дать определение понятий по изучаемой теме.

При подготовке необходимо выявлять наиболее сложные, дискуссионные вопросы, с тем, чтобы обсудить их с преподавателем на консультации.

В ходе подготовки к зачету и экзамену обучающимся необходимо обратить внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания излагаемых проблем, умении использовать теоретический материал при решении практических задач.

При подготовке к зачету и экзамену в качестве ориентира обучающийся может использовать перечень контрольных вопросов для самопроверки, приведенный в следующем разделе данных методических рекомендаций.

Как зачет, так и экзамен, могут проводиться в двух вариантах по билетам, охватывающим весь пройденный материал: либо в виде ответа на билет, содержащий два теоретических вопроса и задачу, либо в тестовой форме.

Рассмотрим первую форму. Билет включает два теоретических вопроса по разным темам курса и практическое задание в виде типовой задачи по одной из тем дисциплины.

На подготовку к ответу по вопросам билета обучающемуся дается 40 минут с момента получения им билета. В качестве вспомогательных материалов при подготовке ответа на билет на зачете и экзамене допускается использование миниплакатов по некоторым темам дисциплины.

Зачет и экзамен проводятся в традиционной форме собеседования, в процессе которого обучаемый отвечает на вопросы преподавателя и приводит решение задачи, представленной в билете. По окончании ответа преподаватель может задать отвечающему дополнительные и уточняющие вопросы. Результаты зачета и экзамена объявляются обучающемуся после окончания ответа в день сдачи.

Оценка знаний обучающихся опирается на строго объективные критерии, научно обоснованные педагогикой. Среди таких критериев важнейшими являются принципы подхода к оценке. В наиболее общем виде эти принципы можно представить следующим образом:

– глубокие знания и понимание существа вопроса, но не всех его деталей, а лишь основных;

– степень сознательного и творческого усвоения изучаемых наук как базы личных убеждений и полезных обществу действий;

– понимание сущности науки, места каждой темы в общем курсе и её связи с предыдущими и последующими темами;

– выделение коренных проблем науки и умение правильно использовать это знание в самостоятельной научной деятельности или практической работе по специальности.

Критерии оценивания зачета по билетам (устный опрос и решение задач)

«Зачет» - полный и правильный ответ на теоретические вопросы, успешное решение задач с необходимыми пояснениями, возможны

несущественные ошибки в использовании терминологии и формул при решении задач. Допущенные ошибки при решении задач, исправлены после наводящих вопросов.

«Незачет» - ответы на теоретические вопросы отражают незнание обучающимся выносимых тем на проверку. Обучающийся не владеет навыками применения формул при решении задач.

Критерии оценивания экзамена по билетам (устный ответ и решение задачи)

«Отлично» – заслуживает такой оценки обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять практические задания, усвоивший взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала, знакомый с основной и дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется, если обучающийся при ответе на теоретическую часть билета продемонстрировал системные полные знания по поставленным вопросам. Содержание обоих вопросов изложено связно, в краткой форме, последовательно раскрыта суть изученного материала, продемонстрированы прочность и прикладная направленность полученных знаний и умений, не допущены терминологические ошибки и неточности. Практическая задача решена правильно и в полном объеме, с соблюдением всех требований к ее оформлению.

«Хорошо» заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в билете задания и продемонстрировавший способность к их самостоятельному пополнению знаний и их обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «хорошо» выставляется, если обучающийся при ответе на теоретическую часть билета продемонстрировал системные полные знания и умения по поставленным вопросам. Содержание вопроса обучающийся изложил связно, в краткой форме, раскрыл последовательно суть изученного материала, демонстрируя прочность и прикладную направленность полученных знаний и умений, но при ответе на теоретическую часть билета были допущены незначительные ошибки, иногда нарушалась последовательность изложения или отсутствовали некоторые несущественные элементы содержания. Практическая задача решена правильно и в полном объеме, но допущены неточности при оформлении ее решения.

«Удовлетворительно» заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется обучающимся, допустившим погрешности в ответе на теоретические вопросы билета (содержание вопросов раскрыто не в полном объеме) и при выполнении практических заданий (задача решена не в полном объеме, не соблюдены требования к ее оформлению), но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

«Неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала (не раскрыто содержание одного или обоих теоретических вопросов), допустившему принципиальные ошибки при выполнении практического задания (задача не решена или решена неверно). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение в институте без дополнительных занятий по дисциплине.

Рассмотрим форму зачета в виде решения билета, содержащего тесты. Билет в виде теста содержит 14 тестовых заданий, в котором задания по темам распределены следующим образом:

1 блок: 10 вопросов – по теме «Электрические цепи постоянного тока и магнитные цепи», из них 6 – по теме «Электрические цепи постоянного тока», 4 – по теме «Магнитные цепи»;

2 блок: 4 вопроса по теме «Линейные электрические цепи синусоидального тока» – по теме «Однофазные цепи»;

Для подготовки к зачету необходимо повторить решение тестовых заданий, рекомендованных преподавателем в течение изучения курса.

Критерии оценивания зачета, проводимого в тестовой форме

«Зачет» – правильно выполнено тестовых заданий в диапазоне от 60 % до 100 % тестовых заданий.

«Незачет» – правильно выполнено менее 60 % тестовых заданий.

Рассмотрим форму экзамена в виде решения билета, содержащего тесты. Билет в виде теста содержит 10 тестовых заданий, в котором задания по темам распределены следующим образом:

1 блок: 2 вопроса по теме «Линейные электрические цепи синусоидального тока» – по теме «Трехфазные цепи»;

2 блок: 2 вопроса по теме «Трансформаторы»,

3 блок: 2 вопроса по теме «Электрические машины»;

4 блок: 4 вопроса по темам «Элементная база электроники» и «Основы аналоговой и цифровой электроники».

Для подготовки к экзамену необходимо повторить решение тестовых заданий, рекомендованных преподавателем в течение изучения курса.

Критерии оценивания экзамена, проводимого в тестовой форме

«Отлично» – правильно выполнено тестовых заданий в диапазоне от 90 % до 100 % тестовых заданий.

«Хорошо» – правильно выполнено тестовых заданий в диапазоне от 65 % до 89 % тестовых заданий.

«Удовлетворительно» – правильно выполнено тестовых заданий в диапазоне от 50 % до 64 % тестовых заданий.

«Неудовлетворительно» – правильно выполнено менее 50 % тестовых заданий.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ, ВЫНОСИМЫХ НА ЗАЧЕТ

В данном разделе приведен перечень теоретических вопросов, выносимых на зачет, обобщенные требования к знаниям и умениям обучающихся по результатам освоения каждой темы дисциплины, список литературных источников, рекомендуемых для использования при подготовке вопросов.

ТЕМА 1. Электрические цепи постоянного тока. Магнитные цепи

Обобщенные требования к знаниям и умениям обучающихся по результатам освоения данной темы. В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать классификацию электрических цепей, назначение элементов электрической цепи и их условные обозначения, параметры режимов работы электрической цепи и электротехнические законы, действующие в ней, положительные и отрицательные проявления электрического тока, его пожарную опасность, методы расчета простых и сложных линейных электрических цепей постоянного тока, нелинейных электрических цепей, назначение и классификацию магнитных цепей, параметры, характеризующие магнитную цепь, законы, действующие в ней, особенности магнитных цепей с постоянной и переменной магнитодвижущей силой (МДС);

уметь составлять схемы электрических цепей, производить эквивалентные преобразования электрических цепей постоянного тока с одним и несколькими источниками электродвижущей силы (ЭДС), определять параметры линейных электрических цепей постоянного тока теоретическими (с помощью методов узловых и контурных уравнений, контурных токов, узлового напряжения, наложения токов) и экспериментальными методами, уметь рассчитывать параметры магнитных цепей на основе применения соответствующих методов.

Перечень вопросов для подготовки к зачету по данной теме:

1. Понятие электрической цепи. Элементы электрической цепи и их назначение. Электрическая энергия, ее особенности. Условные графические обозначения элементов электрической цепи, применяемые на схемах замещения. Условные положительные направления ЭДС, токов и напряжений на схемах замещения.

2. Активные и пассивные элементы электрической цепи. Режимы работы источников тока и ЭДС. Линейные и нелинейные элементы электрической цепи, их ВАХ.

3. Классификация электрических цепей (по роду тока, по содержанию элементов, по конфигурации). Топологические понятия электрической цепи (ветвь, узел, контур).

4. Законы электрических цепей: закон Ома для участка и всей цепи, законы Кирхгофа. Работа и мощность электрической цепи постоянного тока. Положительные и отрицательные тепловые проявления электрического тока. Закон Джоуля-Ленца.

5. Расчет линейной электрической цепи постоянного тока методом эквивалентных преобразований (преобразование последовательного, параллельного, смешанного типа соединений приемников, преобразования из звезды в треугольник и наоборот).

6. Расчет линейной электрической цепи постоянного тока методом узловых и контурных уравнений (на основе применения законов Кирхгофа).

7. Расчет линейной электрической цепи постоянного тока методом контурных токов.

8. Расчет линейной электрической цепи постоянного тока методом узлового напряжения.

9. Расчет линейной электрической цепи постоянного тока методом наложения.

10. Расчет нелинейной электрической цепи постоянного тока с последовательным соединением элементов графо-аналитическим методом.

12. Расчет нелинейной электрической цепи постоянного тока со смешанным соединением элементов графо-аналитическим методом.

13. Измерение силы тока, напряжения, сопротивления, мощности, электроэнергии в цепях постоянного тока.

14. Понятие магнитной цепи. Классификация магнитных цепей (по структуре, конфигурации).

15. Величины, определяемые в результате расчета магнитной цепи (магнитная индукция, напряженность магнитного поля, магнитный поток, магнитная проницаемость, магнитодвижущая сила, магнитное сопротивление, магнитное напряжение).

16. Законы, действующие в магнитных цепях (электромагнитной индукции, Ампера, полного тока, Ома, Кирхгофа).

17. Принцип Ленца. Индуктивность цепи. Самоиндукция. Взаимоиндукция.

18. Назначение магнитопровода. Свойства ферромагнитных материалов, используемых для изготовления магнитопроводов электромагнитных устройств.

19. Кривая намагничивания. Циклическое перемагничивание ферромагнитных материалов (петля гистерезиса). Токи Фуко. Потери на гистерезис и вихревые токи, способы их уменьшения.

20. Расчет магнитных цепей с постоянной МДС (прямая и обратная задачи).

Литература, рекомендуемая для подготовки вопросов по данной теме:

Основная литература

1. Данилов, И. А. Общая электротехника [Текст]: учеб. пособие для бакалавров / И. А. Данилов. – М. : Изд. Юрайт, 2014. – С. 14-96.

2. Ермуратский, П. В. Электротехника [Текст]: учебник для вузов / П. В. Ермуратский, Г. П. Лычкина, Ю. Б. Минкин. – М. : ДМК Пресс, 2015 – С. 9-36, 256-269.

3. Контобойцева, М. Г. Контрольные материалы по электротехнике и электронике. Ч. 1. Электрические цепи постоянного тока. Электромагнетизм [Текст]: учеб. пособие / М. Г. Контобойцева, Т. Х. Мансуров. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2013. – 171 с. Дополнительная литература

4. Данилов, И. А. Общая электротехника с основами электроники [Текст]: учеб пособие / И. А. Данилов, П. М. Иванов. – М. : Высш. шк., 2008. – С 25-78.

5. Касаткин, А. С. Электротехника [Текст]: учеб. для вузов / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. – 9-е изд., стер. − М. : Издательский центр «Академия», 2005. – С. 4-35, 165-178.

6. Контобойцева, М. Г. Контрольные материалы по электротехнике и электронике: Часть 1. Электрические цепи постоянного тока. Электромагнетизм [Электронный ресурс]: учеб. пособие / М. Г. Контобойцева, Т. Х. Мансуров. Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2013. – 171 с. – Режим доступа : Интранет: elib.mchs.ru (ip-адрес: http://10.46.0.45).

ТЕМА 2. Линейные электрические цепи синусоидального тока

Обобщенные требования к знаниям и умениям обучающихся по результатам освоения данной темы. В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать способы получения однофазного и трехфазного переменного тока, назначение и классификацию электрических цепей синусоидального тока, их параметры, условия возникновения явления резонанса и переходных процессов в электрических цепях;

уметь собирать линейные электрические цепи синусоидального тока с целью экспериментального определения их параметров, рассчитывать параметры электрических цепей синусоидального тока на основе символического метода, строить векторные диаграммы токов и напряжений при различных схемах соединения приемников электроэнергии и их характере, режимах работы электрических цепей синусоидального тока.

Перечень вопросов для подготовки к зачету по данной теме:

1. Получение переменного тока. Принцип действия простейшего однофазного генератора синусоидальной ЭДС.
2. Основные параметры, характеризующие синусоидальную величину (мгновенное, амплитудное, среднее, действующее значения, период, угловая и циклическая частоты). Понятие начальной фазы синусоидальной величины. Сдвиг фаз.
3. Коэффициент мощности, его технико-экономическое значение и способы повышения.
4. Электротехнические устройства переменного тока: резисторы, индуктивные катушки и конденсаторы, их свойства, характеристики, условные обозначения на схемах замещения.
5. Анализ идеальных цепей однофазного синусоидального тока (с активным, индуктивным и емкостным сопротивлением). Векторные диаграммы тока и напряжения.
6. Анализ цепи однофазного синусоидального тока с последовательным соединением активного и индуктивного сопротивлений. Векторные диаграммы токов и напряжений. Треугольники сопротивлений и мощностей.
7. Анализ цепи однофазного синусоидального тока с последовательным соединением активного, индуктивного и емкостного сопротивлений. Векторные диаграммы токов и напряжений. Треугольники сопротивлений и мощностей.
8. Анализ цепи однофазного синусоидального тока с параллельным соединением сопротивлений. Векторные диаграммы токов и напряжений. Треугольники проводимостей и мощностей.
9. Резонанс напряжений. Условия возникновения, признаки и область применения. Векторная диаграмма тока и напряжений.

10. Резонанс токов. Условия возникновения, признаки и область применения. Векторная диаграмма напряжения и токов.
11. Получение трехфазного переменного тока. Трехфазная система ЭДС. График мгновенных значений и векторная диаграмма трехфазных ЭДС.
12. Способы соединения фаз генератора и приемника в трехфазных электрических цепях.
13. Трехфазные электрические цепи с соединением фаз приемника «звездой». Соотношения фазных и линейных токов и напряжений, векторная диаграмма токов и напряжений.
14. Трехфазная электрическая цепь с соединением фаз приемника «треугольником». Соотношения фазных и линейных токов и напряжений, векторная диаграмма токов и напряжений.

Литература, рекомендуемая для подготовки вопросов по данной теме:

Основная литература

1. Данилов, И. А. Общая электротехника [Текст]: учеб. пособие для бакалавров / И. А. Данилов. – М. : Изд. Юрайт, 2014. – С. 97-222, 301-320.

2. Ермуратский, П. В. Электротехника [Текст]: учебник для вузов / П. В. Ермуратский, Г. П. Лычкина, Ю. Б. Минкин. – М. : ДМК Пресс, 2015 – С. 54-111.

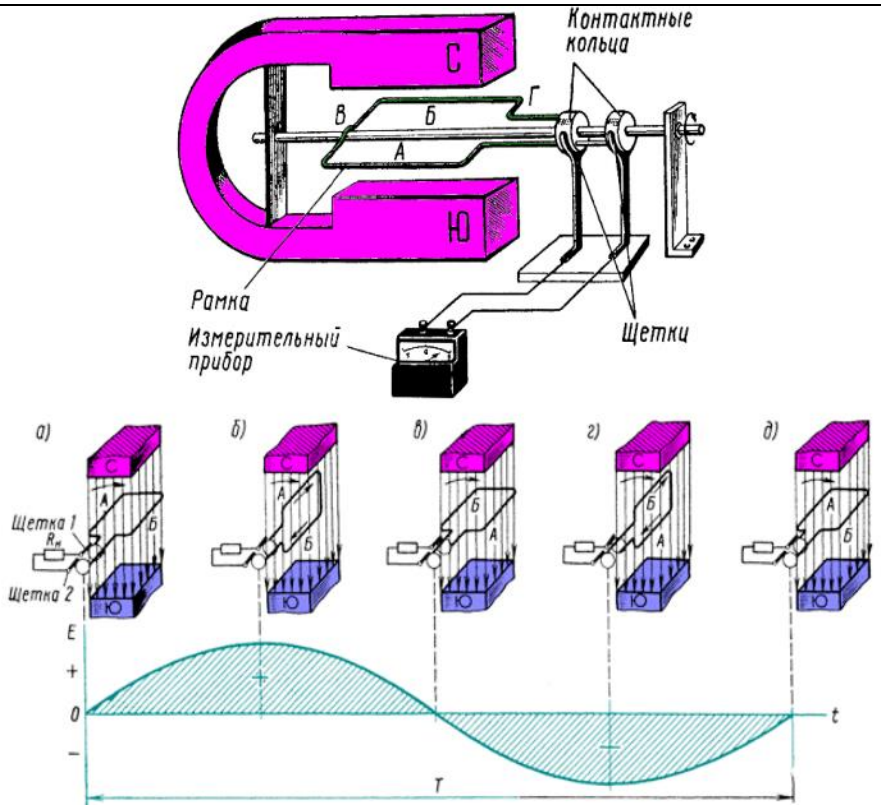
3. Контобойцева, М. Г. Контрольные материалы по электротехнике и электронике. Ч. 2. Линейные электрические цепи синусоидального тока [Текст]: учеб. пособ. / М. Г. Контобойцева, Т. Х. Мансуров. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2014. – 188 с. Дополнительная литература

4. Данилов, И. А. Общая электротехника с основами электроники [Текст]: учеб пособие / И. А. Данилов, П. М. Иванов. – М. : Высш. шк., 2008. – С. 80- 194.

5. Касаткин, А. С. Электротехника [Текст]: учеб. для вузов / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. – 9-е изд., стер. − М. : Издательский центр «Академия», 2005. – С. 36-119, 179-192.

6. Контобойцева, М. Г. Контрольные материалы по электротехнике и электронике. Ч. 2. Линейные электрические цепи синусоидального тока [Электронный ресурс]: учеб. пособ. / М. Г. Контобойцева, Т. Х. Мансуров. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2013. – 189 с. – Режим доступа : Интранет: elib.mchs.ru (ip-адрес: http://10.46.0.45).

Миниплакат по теме:



Принцип действия простейшего однофазного генератора

3. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ, ВЫНОСИМЫХ НА ЭКЗАМЕН

ТЕМА 2. Линейные электрические цепи синусоидального тока

Обобщенные требования к знаниям и умениям обучающихся по результатам освоения данной темы. В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать способы получения однофазного и трехфазного переменного тока, назначение и классификацию электрических цепей синусоидального тока, их параметры, условия возникновения явления резонанса и переходных процессов в электрических цепях;

уметь собирать линейные электрические цепи синусоидального тока с целью экспериментального определения их параметров, рассчитывать параметры электрических цепей синусоидального тока на основе символического метода, строить векторные диаграммы токов и напряжений при различных схемах соединения приемников электроэнергии и их характере, режимах работы электрических цепей синусоидального тока.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену по данной теме:

1. Способы соединения фаз генератора и приемника в трехфазных электрических цепях.
2. Трехфазные электрические цепи с соединением фаз приемника «звездой». Соотношения фазных и линейных токов и напряжений, векторная диаграмма токов и напряжений.
3. Трехфазная электрическая цепь с соединением фаз приемника «треугольником». Соотношения фазных и линейных токов и напряжений, векторная диаграмма токов и напряжений.
4. Условия симметричного и несимметричного режимов работы трехфазной электрической цепи. Назначение нейтрального провода. Векторная диаграмма напряжений при несимметричном режиме работе приемников, соединенных по схеме «звезда без нейтрального провода».
5. Расчет магнитных цепей с переменными магнитными потоками.
6. Измерение силы тока, напряжения, сопротивления, мощности, электроэнергии в цепях переменного тока.

Литература, рекомендуемая для подготовки вопросов по данной теме:

Основная литература

1. Данилов, И. А. Общая электротехника [Текст]: учеб. пособие для бакалавров / И. А. Данилов. – М. : Изд. Юрайт, 2014. – С. 97-222, 301-320.

2. Ермуратский, П. В. Электротехника [Текст]: учебник для вузов / П. В. Ермуратский, Г. П. Лычкина, Ю. Б. Минкин. – М. : ДМК Пресс, 2015 – С. 54-111.

3. Контобойцева, М. Г. Контрольные материалы по электротехнике и электронике. Ч. 2. Линейные электрические цепи синусоидального тока [Текст]: учеб. пособ. / М. Г. Контобойцева, Т. Х. Мансуров. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2014. – 188 с. Дополнительная литература

4. Данилов, И. А. Общая электротехника с основами электроники [Текст]: учеб пособие / И. А. Данилов, П. М. Иванов. – М. : Высш. шк., 2008. – С. 80- 194.

5. Касаткин, А. С. Электротехника [Текст]: учеб. для вузов / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. – 9-е изд., стер. − М. : Издательский центр «Академия», 2005. – С. 36-119, 179-192.

6. Контобойцева, М. Г. Контрольные материалы по электротехнике и электронике. Ч. 2. Линейные электрические цепи синусоидального тока [Электронный ресурс]: учеб. пособ. / М. Г. Контобойцева, Т. Х. Мансуров. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2013. – 189 с. – Режим доступа : Интранет: elib.mchs.ru (ip-адрес: http://10.46.0.45).

ТЕМА 3. Трансформаторы

Обобщенные требования к знаниям и умениям обучающихся по результатам освоения данной темы. В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать назначение, устройство, принцип действия, область применения трансформаторов;

уметь составлять схемы замещения трансформаторов, строить векторные диаграммы, внешнюю и рабочую характеристики трансформаторов, определять их основные параметры расчетным и экспериментальным методами.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену по данной теме:

1. Назначение и области применения трансформаторов. Устройство и принцип действия однофазного трансформатора. Коэффициент трансформации. Трансформаторная ЭДС.
2. Классификация трансформаторов. Условные обозначения трансформаторов на принципиальных схемах. Паспортные данные трансформаторов.
3. Схемы замещения трансформатора, определение их параметров.
4. Режимы работы трансформатора (холостого хода, короткого замыкания, рабочий режим). Внешняя характеристика трансформаторов. КПД и мощность потерь в трансформаторе. Зависимость КПД трансформатора от нагрузки.
5. Трехфазный силовой трансформатор: устройство и принцип действия. Схемы соединения обмоток трехфазного трансформатора. Пожаровзрывоопасные свойства трансформаторов.

6. Устройство, принцип действия и основные характеристики специальных трансформаторов (измерительные, сварочный, автотрансформатор).

Литература, рекомендуемая для подготовки вопросов по данной теме:

Основная литература

1. Данилов, И. А. Общая электротехника [Текст]: учеб. пособие для бакалавров / И. А. Данилов. – М. : Изд. Юрайт, 2014. – С. 238-300, 322-401.

2. Ермуратский, П. В. Электротехника [Текст]: учебник для вузов / П. В. Ермуратский, Г. П. Лычкина, Ю. Б. Минкин. – М. : ДМК Пресс, 2015 – С. 272-294, 302-349.

3. Контобойцева, М. Г. Контрольные материалы по электротехнике и электронике. Ч. 3. Электрические машины и трансформаторы [Текст]: учеб. пособие / М. Г. Контобойцева, Т. Х. Мансуров, И. Г. Сафронова. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2014. – 184 с.

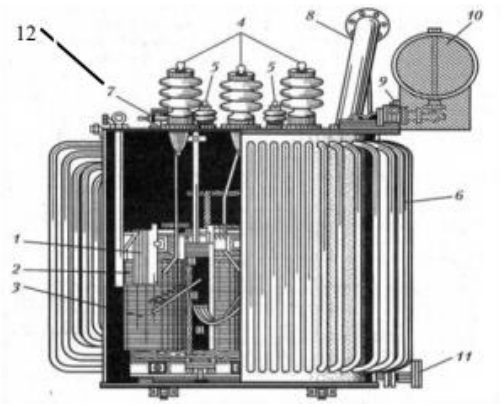
Дополнительная литература

4. Данилов, И. А. Общая электротехника с основами электроники [Текст]: учеб пособие / И. А. Данилов, П. М. Иванов. – М. : Высш. шк., 2008. – С. 195- 277.

5. Касаткин, А. С. Электротехника [Текст]: учеб. для вузов / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. – 9-е изд., стер. − М. : Издательский центр «Академия», 2005. – С. 371-482, 505-518.

6. Контобойцева, М. Г. Контрольные материалы по электротехнике и электронике. Ч. 2. Линейные электрические цепи синусоидального тока [Электронный ресурс]: учеб. пособ. / М. Г. Контобойцева, Т. Х. Мансуров. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2013. – 189 с. – Режим доступа : Интранет: elib.mchs.ru (ip-адрес: http://10.46.0.45).

Миниплакаты по теме:



Устройство трехфазного силового трансформатора

ТЕМА 4. Электрические машины

Обобщенные требования к знаниям и умениям обучающихся по результатам освоения данной темы. В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать назначение, устройство, принцип действия, области применения электрических машин постоянного и переменного тока, электропривода, их основные параметры и характеристики;

уметь определять основные параметры электрических машин расчетным и экспериментальным методами, строить основные характеристики, выбирать мощность, тип и вид электродвигателей для электропривода.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену по данной теме:

1. Асинхронные машины. Возбуждение вращающегося магнитного поля трехфазной симметричной системой токов.
2. Назначение и области применения асинхронных машин, их достоинства и недостатки. Применение в установках противопожарной защиты.
3. Устройство трехфазной асинхронной машины с короткозамкнутым и фазным ротором.
4. Принцип действия трехфазного асинхронного двигателя. Режимы работы асинхронной машины.
5. Параметры асинхронного двигателя: скольжение, ЭДС, индуцируемые в обмотках статора и ротора, частота вращения ротора, номинальный ток, ток ротора, электромагнитный момент.
6. Зависимость электромагнитного момента двигателя от скольжения и напряжения сети. Механическая характеристика асинхронного двигателя. Потери энергии в двигателе. КПД и коэффициент мощности асинхронного двигателя.
7. Способы пуска асинхронных двигателей. Регулирование частоты вращения ротора асинхронного двигателя.
8. Синхронные машины: назначение и области применения. Достоинства и недостатки синхронных машин. Применение в пожарной технике.
9. Типы синхронных машин и их устройство. Способы возбуждения синхронных машин.
10. Режимы работы синхронной машины (принцип работы генератора и двигателя). Потери мощности и КПД синхронных машин. Способы пуска синхронных двигателей.
11. Характеристики синхронного генератора и синхронного двигателя.
12. Устройство машины постоянного тока. Способы возбуждения. Области применения машин постоянного тока, их достоинства и недостатки.

13. Режимы работы машин постоянного тока (принцип работы генератора и двигателя). Потери мощности и КПД машин постоянного тока.
14. Характеристики генераторов и двигателей постоянного тока в зависимости от схемы возбуждения.
15. Особенности пуска электродвигателей постоянного тока. Способы регулирования частоты вращения якоря.
16. Коммутация в машинах постоянного тока, ее пожароопасность.
17. Обобщенная функциональная схема привода. Назначение электромеханического привода. Номинальные режимы работы электропривода.
18. Основные типы рабочих механизмов, их механические характеристики. Номинальные режимы работы электропривода.
19. Методика выбора мощности электродвигателей при продолжительном, кратковременном и повторно-кратковременном режимах работы.
20. Выбор типа и вида электродвигателей для электропривода.

Литература, рекомендуемая для подготовки вопросов по данной теме:

Основная литература

1. Данилов, И. А. Общая электротехника [Текст]: учеб. пособие для бакалавров / И. А. Данилов. – М. : Изд. Юрайт, 2014. – С. 238-300, 322-401.

2. Ермуратский, П. В. Электротехника [Текст]: учебник для вузов / П. В. Ермуратский, Г. П. Лычкина, Ю. Б. Минкин. – М. : ДМК Пресс, 2015 – С. 272-294, 302-349.

3. Контобойцева, М. Г. Контрольные материалы по электротехнике и электронике. Ч. 3. Электрические машины и трансформаторы [Текст]: учеб. пособие / М. Г. Контобойцева, Т. Х. Мансуров, И. Г. Сафронова. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2014. – 184 с.

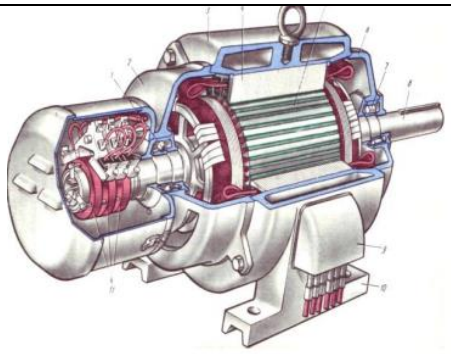
Дополнительная литература

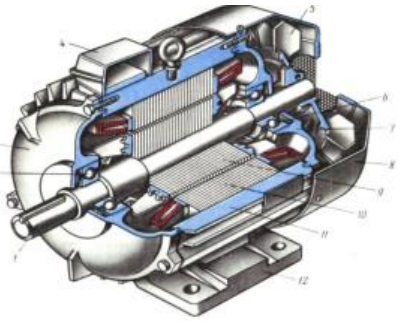
4. Данилов, И. А. Общая электротехника с основами электроники [Текст]: учеб пособие / И. А. Данилов, П. М. Иванов. – М. : Высш. шк., 2008. – С. 195- 277.

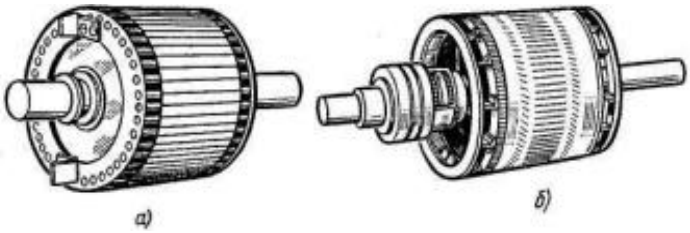
5. Касаткин, А. С. Электротехника [Текст]: учеб. для вузов / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. – 9-е изд., стер. − М. : Издательский центр «Академия», 2005. – С. 371-482, 505-518.

6. Контобойцева, М. Г. Контрольные материалы по электротехнике и электронике. Ч. 2. Линейные электрические цепи синусоидального тока [Электронный ресурс]: учеб. пособ. / М. Г. Контобойцева, Т. Х. Мансуров. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2013. – 189 с. – Режим доступа : Интранет: elib.mchs.ru (ip-адрес: http://10.46.0.45).

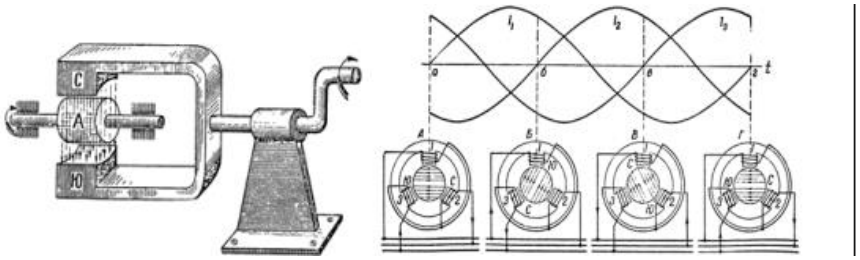
Миниплакаты по теме:



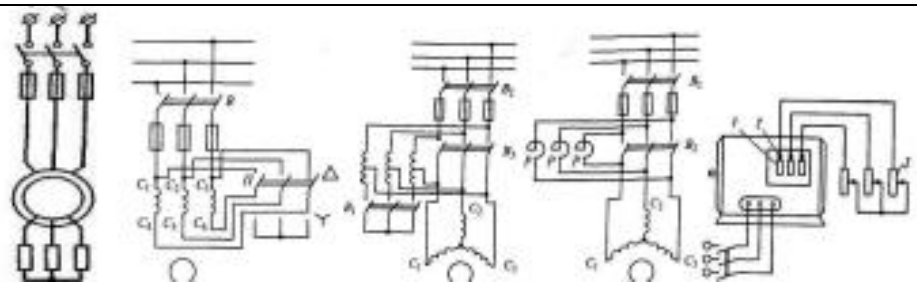




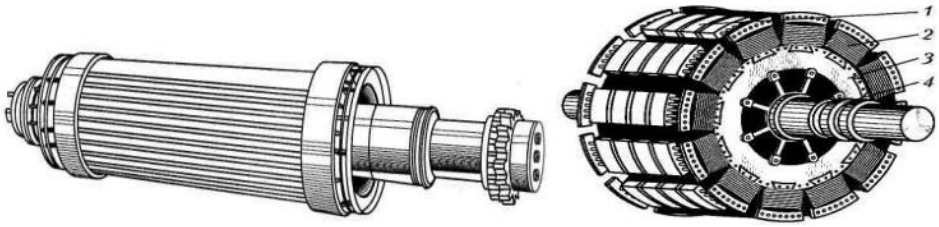
Устройство асинхронного двигателя

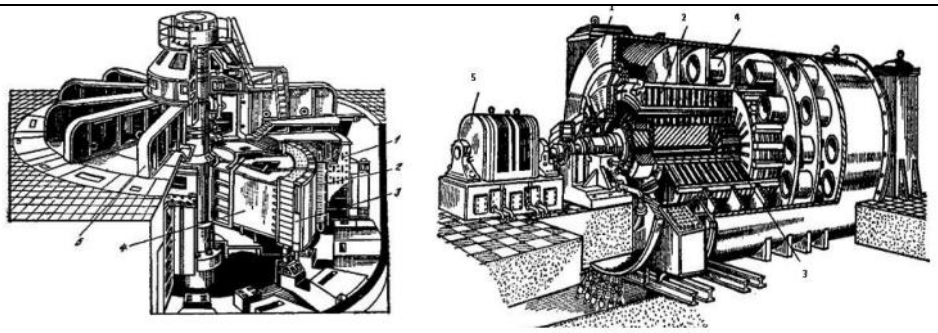


Принцип действия асинхронного двигателя

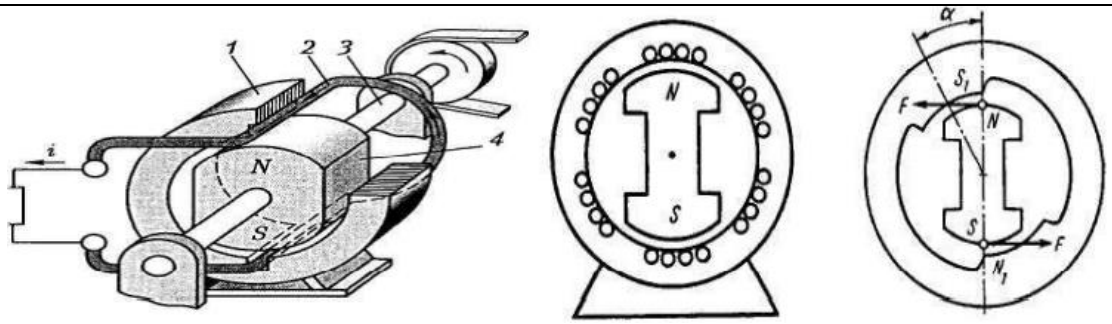


Способы пуска асинхронного двигателя

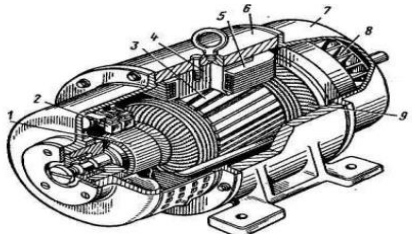




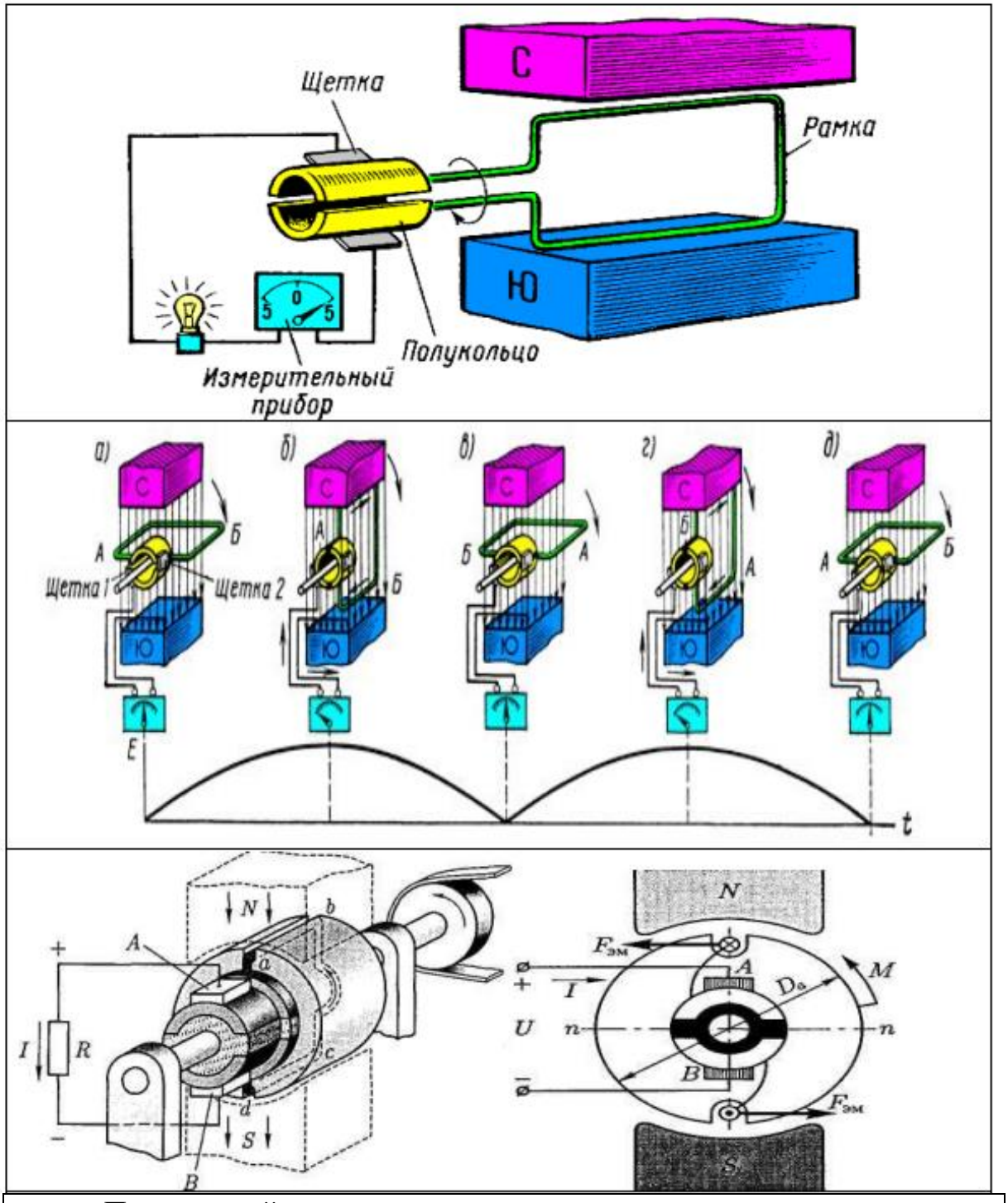
Устройство синхронной машины



Принцип действия синхронной машины



Устройство машины постоянного тока



Принцип действия генератора и двигателя постоянного тока

ТЕМА 5. Элементная база электроники

Обобщенные требования к знаниям и умениям обучающихся по результатам освоения данной темы. В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать классификацию, назначение, устройство, принцип действия, характеристики, области применения электровакуумных и полупроводниковых приборов и устройств;

уметь применять электронные устройства для электрических измерений.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену по данной теме:

1. Устройство и принцип действия электровакуумных и газоразрядных ламп. Область применения в электронных устройствах.
2. Устройство и принцип действия полупроводникового диода, его характеристики.
3. Назначение и область применения стабилитрона, варикапа, фотодиода, светодиода.
4. Биполярные транзисторы: устройство, принцип работы, режимы работы, схемы включения, коэффициенты усиления. Область применения.
5. Устройство и принцип действия полевых транзисторов (с управляющим p-n-переходом и с изолированным затвором). Область применения.
6. Тиристоры: разновидности, схемы, режимы работы.
7. Интегральные микросхемы и микроминиатюризация приборов и устройств современной электроники.
8. Источники вторичного электропитания. Схемы и принцип действия выпрямителей (однополупериодного, двухполупериодного, трехфазного, выпрямителя на тиристоре). Внешние характеристики выпрямителей.
9. Сглаживание пульсаций выпрямленного напряжения и тока и его стабилизация. Инверторы.

Литература, рекомендуемая для подготовки вопросов по данной теме:

Основная литература

1. Ермуратский, П. В. Электротехника [Текст]: учебник для вузов / П. В. Ермуратский, Г. П. Лычкина, Ю. Б. Минкин. – М. : ДМК Пресс, 2015 – С. 138-228.

Дополнительная литература

2. Бобровников, Л. З. Электроника [Текст]: учеб. для вузов / Л. З. Бобровников. – 5-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Питер, 2004. – 560 с.

3. Бондарь, И. М. Электротехника [Текст]: учеб пособие / И. М. Бондарь. – М. : ИКЦ «Март», 2005. – 336 с.

4. Данилов, И. А. Общая электротехника с основами электроники [Текст]: учеб пособие / И. А. Данилов, П. М. Иванов. – М. : Высш. шк.,

2008. – 442-554.

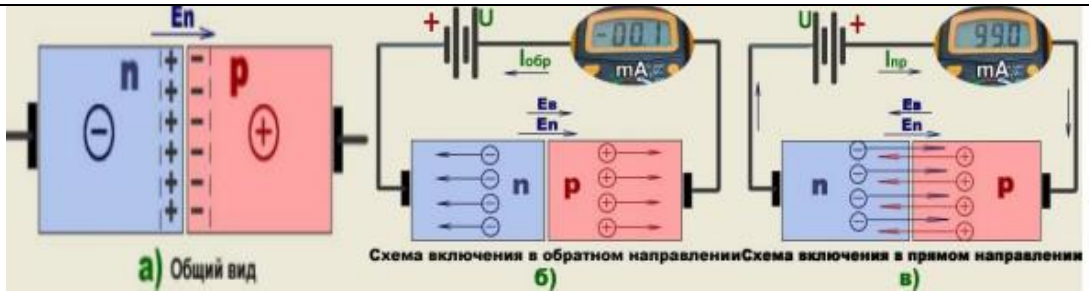
5. Касаткин, А. С. Электротехника [Текст]: учеб. для вузов / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. – 9-е изд., стер. − М. : Издательский центр «Академия», 2005. – С. 233-331.

6. Князева, Т. О. Электротехника [Электронный ресурс]: курс лекций / Т. О. Князева. – Режим доступа : http://www.school-knyazkova.ru.

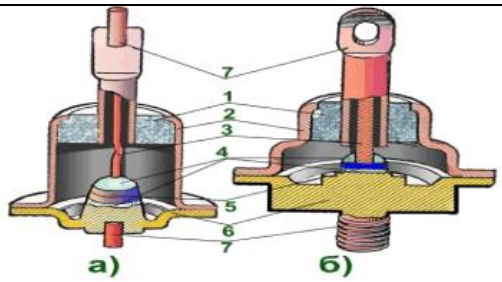
7. Миловзоров, О. В. Электроника [Текст]: учеб. для вузов / О. В. Миловзоров, И. Г. Панков. – 2-е изд., перераб. – М. : Высш. шк., 2005. – 288 с.

8. Щука, А. А. Электроника [Текст]: учеб. пособие / А. А. Щука. – СПб: БХВ–Петербург, 2005. – 800 с

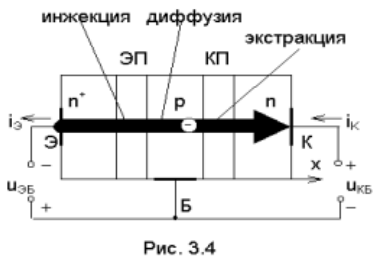
Миниплакат по теме:

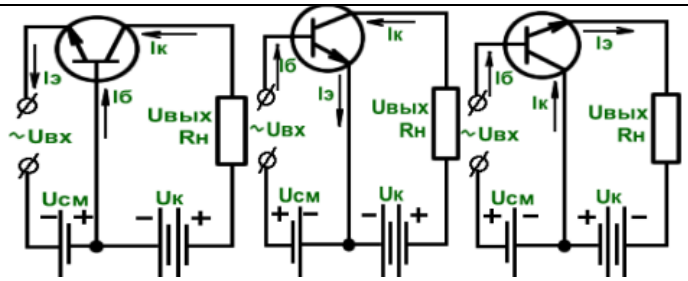


Принцип работы полупроводникового диода

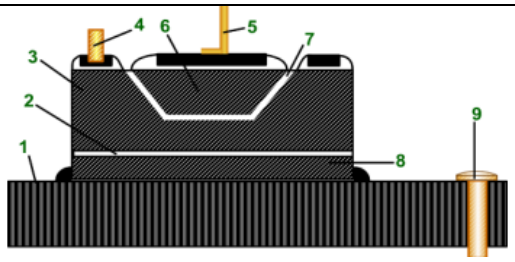


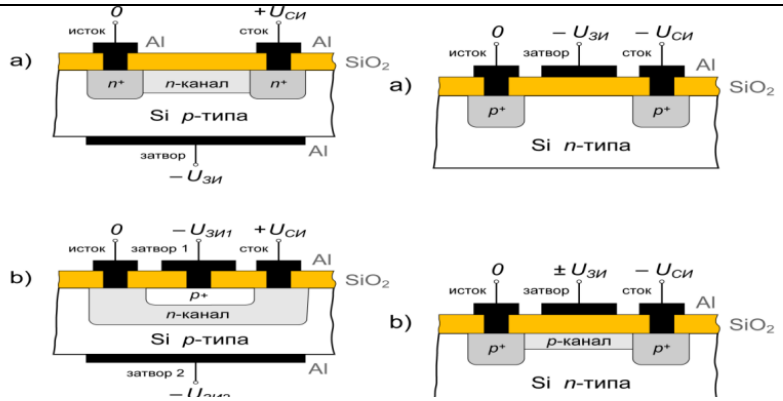
Устройство полупроводникового диода





Принцип работы биполярного транзистора





Принцип работы полевых транзисторов

ТЕМА 6. Основы аналоговой и цифровой электроники

Обобщенные требования к знаниям и умениям обучающихся по результатам освоения данной темы. В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать основы схемотехники цифровых устройств;

уметь применять электронные устройства для электрических измерений.

Перечень вопросов для подготовки к зачету по данной теме:

1. Электронные усилители: классификация, основные параметры, классы усиления. Основные технические характеристики усилителей. Амплитудно-частотные характеристики усилителей.
2. Принцип работы усилителя низких частот.
3. Принцип работы логических элементов И, ИЛИ, НЕ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ. Область применения.
4. Электронные генераторы: классификация, назначение, область применения.
5. Принцип действия генератора типов LC и RC, ГЛИН.
6. Виды триггеров, принцип их работы.
7. Логические автоматы с памятью и без памяти.
8. Аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразователи.

Литература, рекомендуемая для подготовки вопросов по данной теме:

Основная литература

1. Ермуратский, П. В. Электротехника [Текст]: учебник для вузов / П. В. Ермуратский, Г. П. Лычкина, Ю. Б. Минкин. – М. : ДМК Пресс, 2015 – С. 138-228.

Дополнительная литература

2. Бобровников, Л. З. Электроника [Текст]: учеб. для вузов / Л. З. Бобровников. – 5-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Питер, 2004. – 560 с.

3. Бондарь, И. М. Электротехника [Текст]: учеб пособие / И. М. Бондарь. – М. : ИКЦ «Март», 2005. – 336 с.

4. Данилов, И. А. Общая электротехника с основами электроники [Текст]: учеб пособие / И. А. Данилов, П. М. Иванов. – М. : Высш. шк., 2008. – 442-554.

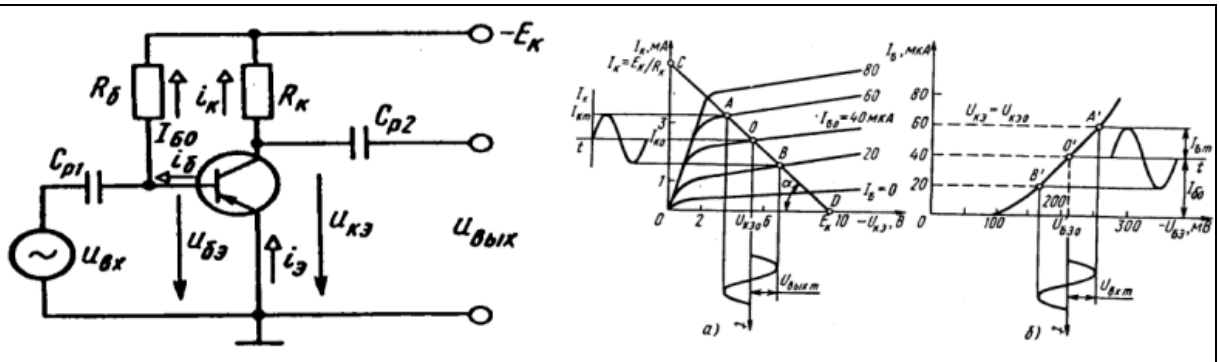
5. Касаткин, А. С. Электротехника [Текст]: учеб. для вузов / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. – 9-е изд., стер. − М. : Издательский центр «Академия», 2005. – С. 233-331.

6. Князева, Т. О. Электротехника [Электронный ресурс]: курс лекций / Т. О. Князева. – Режим доступа : http://www.school-knyazkova.ru.

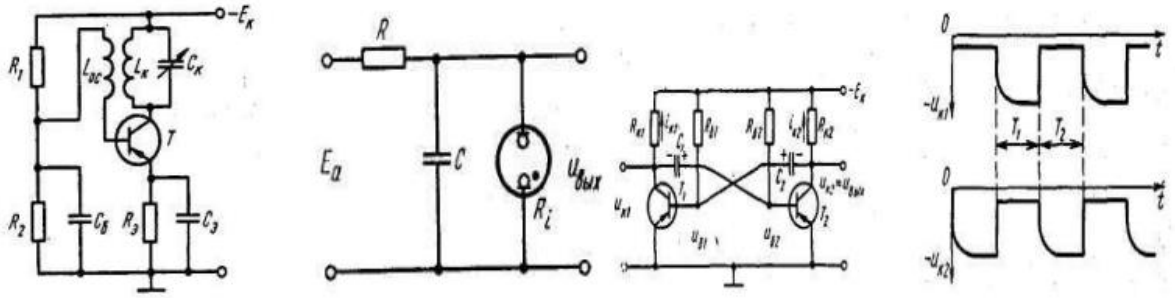
7. Миловзоров, О. В. Электроника [Текст]: учеб. для вузов / О. В. Миловзоров, И. Г. Панков. – 2-е изд., перераб. – М. : Высш. шк., 2005. – 288 с.

8. Щука, А. А. Электроника [Текст]: учеб. пособие / А. А. Щука. – СПб: БХВ–Петербург, 2005. – 800 с

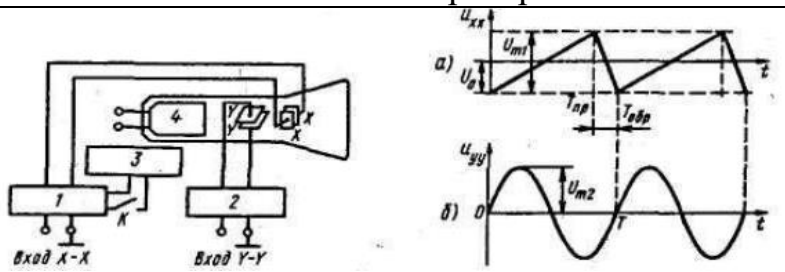
Миниплакат по теме



Предварительный каскад УНЧ



Схемы автогенераторов



Устройство и принцип действия осциллографа

3. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ, ВЫНОСИМЫХ НА ЗАЧЕТ И ЭКЗАМЕН

ТЕМА 1. Электрические цепи постоянного тока. Магнитные цепи

1) Электрические цепи постоянного тока

Практические вопросы билетов по разделу «Электрические цепи постоянного тока» включают задачи на применение методов эквивалентного преобразования, узловых и контурных уравнений (законов Кирхгофа), контурных токов, наложения токов и узлового напряжения с целью упрощения схемы замещения линейной электрической цепи постоянного тока и определения ее основных параметров: тока, напряжения и мощности.

Рассмотрим примеры решения ряда задач по первому разделу данной темы.

Применение метода эквивалентных преобразований.

Задача № 1. При заданных сопротивлениях всех потребителей и напряжении U определить эквивалентное сопротивление $R_{экв}$ цепи и ток I в неразветвленной части цепи, приведенной на рис. 1. Задачу решить в общем виде.

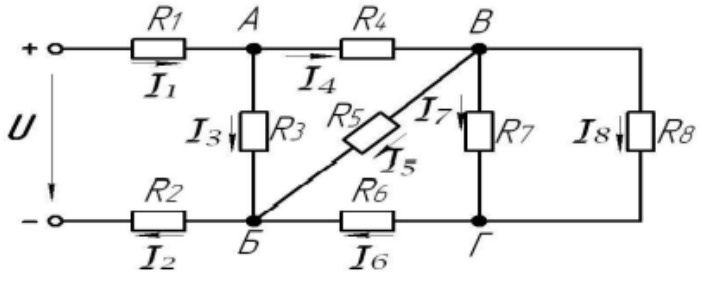


Рис. 1

Решение.

В рассматриваемой цепи (рис. 1) в первую очередь определяются группы потребителей, соединенных последовательно или параллельно. Определяются эквивалентные сопротивления участков, а схема при этом

свертывается (рис. 2).

Как правило, свертывание схемы целесообразно начинать слева направо, постепенно приближаясь к источнику питания. Очевидно, что резисторы R_7 и R_8 соединены параллельно, так как напряжение на них одинаковое.

Следовательно, их общее сопротивление (рис. 2, а):

$$R_{78} = \frac{R_7 \cdot R_8}{R_7 + R_8}$$

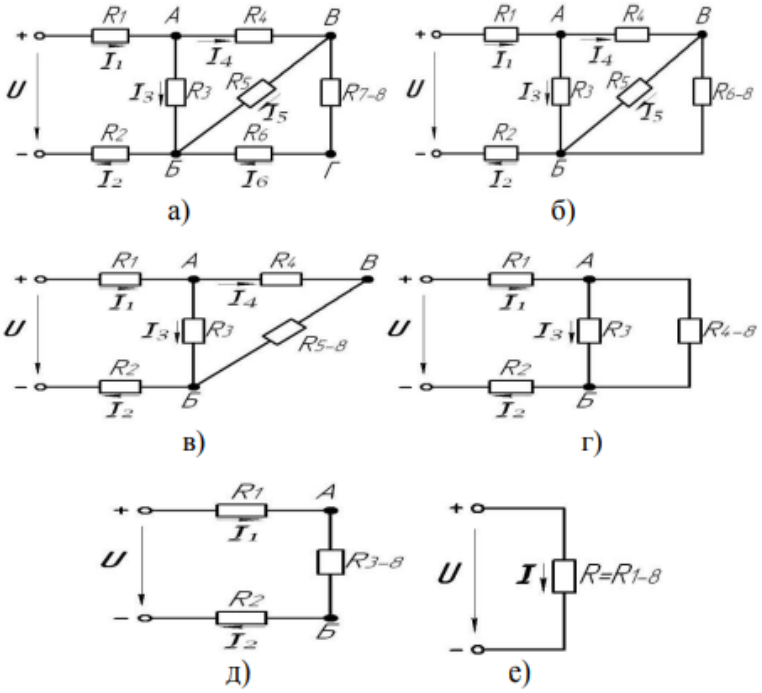


Рис. 2

Сопротивление этой группы (R_{78}) соединено последовательно с резистором R_6, следовательно, общее сопротивление

$$R_{6-8} = R_6 + R_{78}$$ (рис. 2,б).

Сопротивление $R_{6\text{-}8}$ соединено параллельно с резистором R_5 (в точках *ВБ*), следовательно, общее сопротивление (рис. 2, *в*):

$$R_{5-8} = (R_5 \cdot R_{6-8}) / (R_5 + R_{6-8}).$$

Сопротивление $R_{5\text{-}8}$ соединено последовательно с резистором R_4, следовательно, общее сопротивление

$$R_{4–8} = R_4 + R_{5–8}$$ (рис. 2, *г*).

Это сопротивление подключено к резистору R_3 (в точках *А*Б), следовательно, общее сопротивление (рис. 2, д):

$$R_{3–8}=\frac{R_3 \cdot R_{4–8}}{R_3+R_{4–8}}$$

Сопротивление R_{6-8} соединено последовательно с резисторами R_7 и R_8, следовательно, общее (эквивалентное) сопротивление цепи $R_{экв}$ (рис. 2,е) определяется выражением:

$$R_{экв} = R_1 + R_{3–8} + R_{7.}$$

Тогда по закону Ома ток в неразветвленной части цепи определяется выражением:

$$I = \frac{U}{R_{экв}}.$$

Задача № 2. В электрической схеме (рис. 3) известны $I_1, R_1, R_2, R_3, R_4, R_5$. Определить ЭДС источника ε, напряжение на элементах цепи $(U_{AB}, U_{BC}, U_{AC}, U_1)$ и токи во всех ветвях схемы (I_2, I_3, I_4, I_5), а также мощность каждого резистора. Задачу решить в общем виде.

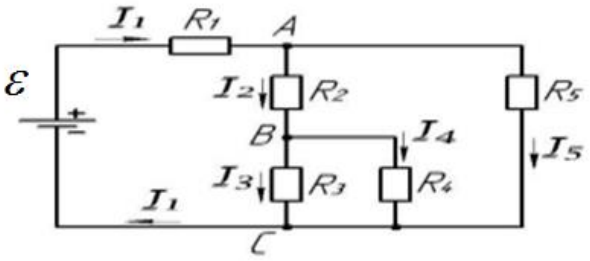


Рис. 3

Решение.

На схеме изображено смешанное соединение элементов. Ток I_0 проходит через источник и создает падение напряжения на резисторе R_1, т.е. $U_1 = I_1 R_1$. Тот же ток создает падение напряжения между точками *AC*, т.е. $U_{AC} = I_1 R_{AC}$. Таким образом, ЭДС источника складывается из падений

напряжения, т.е.

$$\varepsilon = U_1 + U_{AC.}$$

Напряжение U_1 мы уже знаем, как находить. Для нахождения напряжения между точками АВ и токов I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 произведем свертывание схемы и определим общее сопротивление R_{AC}.

Первый шаг: заменяем параллельно соединенные сопротивления R_3 и R_4 эквивалентным сопротивлением R_{34}:

$$R_{34} = \frac{R_4 \cdot R_3}{R_4 + R_3}.$$

Получаем следующую схему:

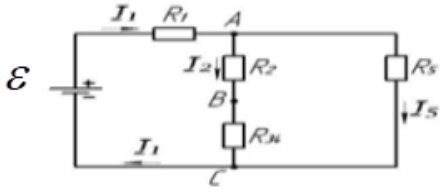


Рис. 4

Второй этап: сопротивления R_2 и R_{34} соединены последовательно (рис. 4), поэтому их можно преобразовать в сопротивление R_{234}:

$$R_{234} = R_2 + R_{34}$$

Получаем схему (рис. 5):

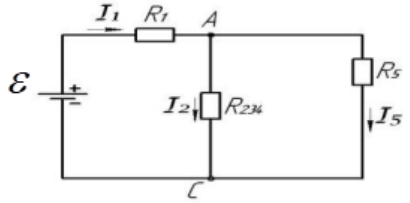


Рис. 5

Третий этап: заменяем параллельно соединенные сопротивления R_{234} и R_5 эквивалентным сопротивлением R_{AC}:

$$R_{AC}=\frac{R_{234}\cdot R_5}{R_{234}+R_5}.$$

Определяем напряжение U_{AC}:

$$U_{AC}=I_1R_{AC.}$$

Определяем ЭДС источника:

$$\varepsilon=U_1+U_{AC.}$$

Искомые токи находим, используя закон Ома:

$$I_2=\frac{U_{AC}}{R_{234}};$$

$$I_5=\frac{U_{AC}}{R_5};U_{BC}=I_2\cdot R_{34}\text{ или }U_{BC}=U_{AC}-I_2\cdot R_{2.}$$

$$I_3=\frac{U_{BC}}{R_3};I_4=\frac{U_{BC}}{R_4};$$

$$U_{BC}=I_2\cdot R_{34}\text{ или }U_{BC}=U_{AC}-I_2\cdot R_{2.}$$

$$I_3=\frac{U_{BC}}{R_3};I_4=\frac{U_{BC}}{R_4};$$

Мощность каждого участка определяется выражением $P=U\cdot I=I^2\cdot R,$ следовательно, $P_1=I_1^2\cdot R_{1,}P_2=I_2^2\cdot R_2$ и т.д.

Задача № 3. В электрической схеме (рис. 6) $R_1=R_2=R_4=R_5=2$ Ом, $R_3=4$Ом, ЭДС источника $\varepsilon=10$ В. Определить эквивалентное сопротивление цепи и ток в неразветвленной части цепи, путем преобразования «звезды» в «треугольник».

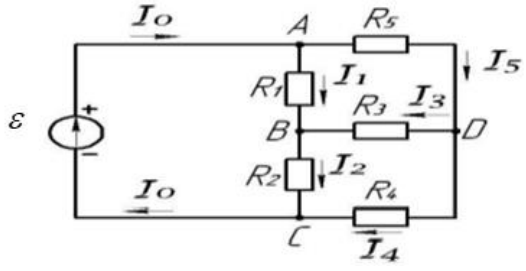


Рис. 6

Схема содержит два вида соединения приемников: две звезды

(сопротивления R_1, R_2, R_3 и сопротивления R_3, R_4, R_5) и два треугольника (сопротивления R_1, R_3, R_5 и сопротивления R_2, R_3, R_4). В данной схеме целесообразно преобразовать звезду в треугольник (рис. 7). Это эквивалентное преобразование позволит преобразовать схему до простейшего вида в меньшее количество этапов за счет появления в схеме параллельного соединения элементов.

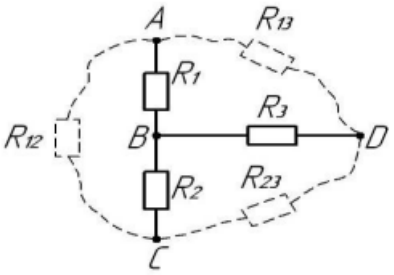


Рис.7

Прежде, чем приступить к решению задачи, необходимо произвольно нанести на схему направление токов во всех ветвях схемы. Решение:

1. Заменяем звезду, включающую сопротивления R_1, R_2, R_3 в треугольник, включающий сопротивления R_{12}, R_{23}, R_{31}:

$$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3} = 2 + 2 + \frac{2 \cdot 2}{4} = 4 + 1 = 5 \ Ом;$$

$$R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1} = 2 + 4 + \frac{2 \cdot 4}{2} = 6 + 4 = 10 \ Ом;$$

$$R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2} = 2 + 4 + \frac{2 \cdot 4}{2} = 6 + 4 = 10 \ Ом;$$

Получаем схему (рис. 8):

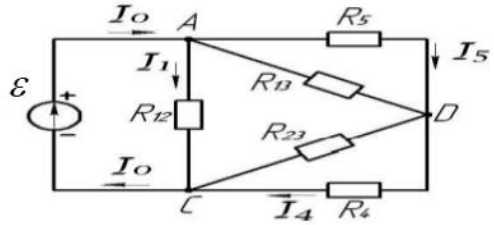


Рис. 8

2. Продолжаем дальнейшее упрощение схемы. После эквивалентного

преобразования звезды в треугольник мы получили схему, в которой сопротивления R_{13} и R_5 соединены параллельно, как и сопротивления R_{23} и R_4. Следовательно, мы можем произвести соответствующие преобразования в целях дальнейшего упрощения схемы:

$$R_{315}=\frac{R_5\cdot R_{31}}{R_5+R_{31}}=\frac{2\cdot 10}{2+10}=1{,}7\,Ом;$$

$$R_{234}=R_{315}=\frac{R_4\cdot R_{23}}{R_4+R_{23}}=\frac{2\cdot 10}{2+10}=1{,}7\,Ом.$$

Получаем схему (рис. 9):

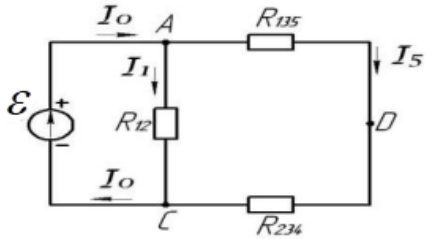


Рис. 9

3. Теперь сопротивления R_{315} и R_{234} соединены последовательно (см. рис. 9), поэтому их можно преобразовать в сопротивление R_{1-5}:

$$R_{1-5}=R_{234}+R_{315}=1{,}7+1{,}7=3{,}4\ Ом.$$

Получаем схему (рис.10):

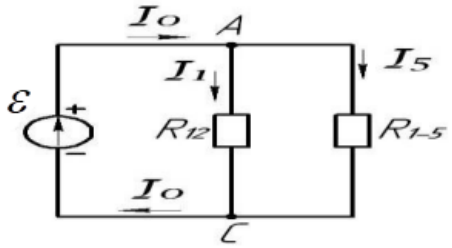


Рис. 10

4. Заменяем параллельно соединенные сопротивления R_{12} и R_{1-5} эквивалентным сопротивлением $R_{общ}$:

$$R_{общ}=\frac{R_{12}\cdot R_{1-5}}{R_{12}+R_{1-5}}=\frac{5\cdot 3{,}4}{5+3{,}4}=2\,Ом;$$

Получаем схему (рис. 11):

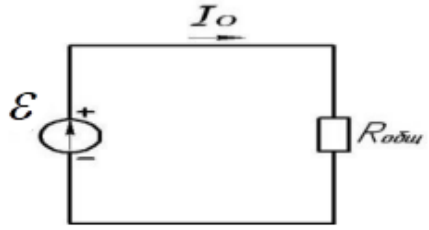


Рис. 11

5. По закону Ома:

$$I_0 = \frac{\varepsilon}{R_{общ}} = \frac{10}{2} = 5A.$$

Задача №4. В электрической схеме (рис. 12) $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 30$ Ом, $R_3 = 60$ Ом, $R_4 = 4$ Ом, $R_5 = 22$ Ом, ЭДС источника $\varepsilon = 10$ Ом. Определить ток в неразветвленной части цепи путем преобразования «треугольника» в «звезду».

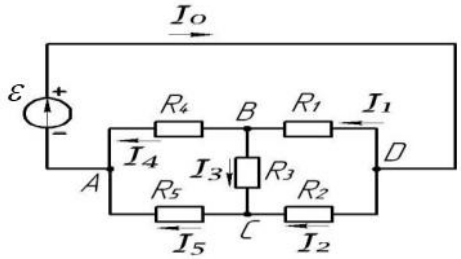


Рис. 12

Схема содержит два вида соединения приемников: две звезды (сопротивления R_1, R_3, R_4 и сопротивления R_2, R_3, R_5) и два треугольника (сопротивления R_3, R_4, R_5 и сопротивления R_1, R_2, R_3). В данной схеме целесообразно преобразовать любой из треугольников в звезду. Это эквивалентное преобразование позволит преобразовать схему до простейшего вида в меньшее количество этапов за счет появления в схеме последовательного и параллельного соединения элементов. Прежде, чем приступить к решению задачи, необходимо произвольно нанести на схему направление токов во всех ветвях схемы.

Решение:

1. Заменяем треугольник, включающий сопротивления R_1, R_2, R_3 в звезду, включающий сопротивления R_{12}, R_{23}, R_{31}:

$$R_{12}=\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1+R_2+R_3}=\frac{10 \cdot 30}{10+30+60}=\frac{300}{100}=3\ Ом;$$

$$R_{23}=\frac{R_2 \cdot R_3}{R_1+R_2+R_3}=\frac{30 \cdot 60}{10+30+60}=\frac{1800}{100}=18\ Ом;$$

$$R_{31}=\frac{R_1 \cdot R_3}{R_1+R_2+R_3}=\frac{10 \cdot 60}{10+30+60}=\frac{600}{100}=6\ Ом;$$

Получаем схему (рис. 13):

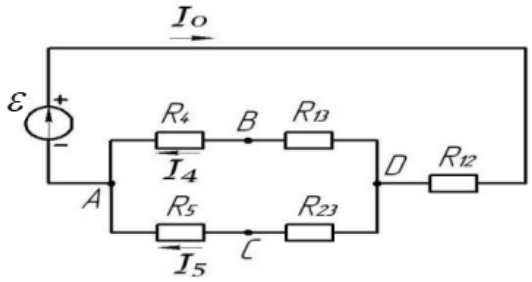


Рис. 13

2. Продолжаем дальнейшее упрощение схемы. После эквивалентного преобразования треугольника в звезду мы получили схему, в которой сопротивления R_{31} и R_4, R_{23} и R_5 соединены последовательно. Следовательно, мы можем произвести соответствующие преобразования в целях дальнейшего упрощения схемы (рис. 14):

$$R_{314} = R_{31} + R_4 = 6 + 4 = 10\ \text{Ом};$$
$$R_{235} = R_{23} + R_5 = 18 + 22 = 40\ \text{Ом};$$

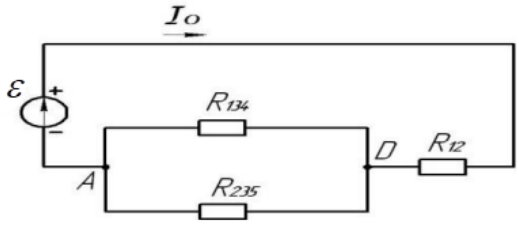


Рис. 14

3. Определим общее сопротивление цепи

$$R_{1-5}=\frac{R_{314}\cdot R_{235}}{R_{314}+R_{235}}=\frac{10\cdot 40}{10+40}=\frac{400}{50}=8\ Ом.$$

Получаем схему (рис. 15):

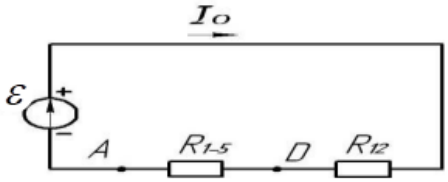


Рис. 15

4. Теперь сопротивления R_{12} и R_{1-5} соединены последовательно (см. рис. 15), поэтому их можно преобразовать в сопротивление $R_{общ}$:

$$R_{общ}=R_{1-5}+R_{12}=3+8=11\ Ом.$$

Получаем схему (рис. 16):

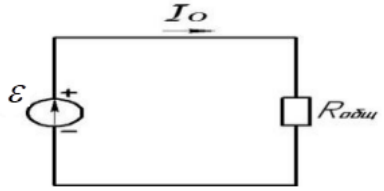


Рис. 16

5. По закону Ома ток в неразветвленной части цепи:

$$I_0=\frac{\varepsilon}{R_{общ}}=\frac{2,2}{11}=0,2\ A.$$

Применение метода узловых и контурных уравнений (законов Кирхгофа).

Задача № 5. В цепи постоянного тока (рис. 17) определить токи I_1 и I_2 величину ЭДС ε_2 методом узловых и контурных уравнений (законов Кирхгофа), если известны: $\varepsilon_1=130\ B$, $R_3=20\ Ом$, $R_1=R_2=1\ Ом$, $I=6A$.

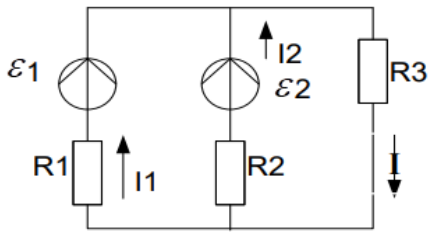


Рис. 17

Решение.

Зададим направления обхода контуров для составления узловых и контурных уравнений (рис. 18). Так как нам известна величина ЭДС источника ε_1, одно из уравнений составим для неэлементарного контура, включающего ветви с током I_1 и током I.

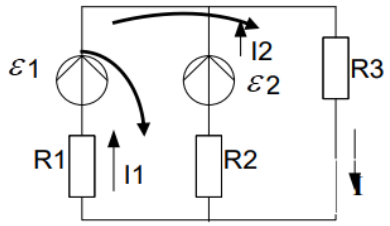


Рис. 18

Используя первый и второй законы Кирхгофа, составим уравнения: узловое (по первому закону Кирхгофа):

$$I_1 + I_2 - I = 0;$$

контурные (по второму закону Кирхгофа):

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = R_1 I_1 - R_2 I_2;$$
$$\varepsilon_1 = R_1 I_1 + RI.$$

Решая эти уравнения, находим: $I_1 = 10\ A, I_2 = -4\ A, \varepsilon_2 = 116\ B.$

Применение метода контурных токов.

Задача № 6. Для электрической цепи, изображенной на рис. 19, задайте направление обхода контуров рядом с обозначением контурных токов и предположительное направление токов в ветвях схемы. Обозначьте все узлы и контуры. Составьте необходимое и достаточное количество уравнений для нахождения токов во всех ветвях схемы, используя метод контурных токов. Составьте баланс мощностей для данной цепи в общем виде при условии заданного направления токов в ветвях схемы.

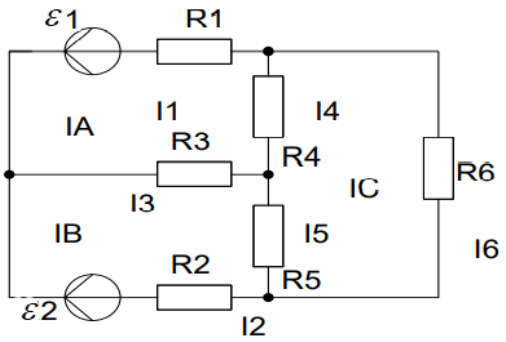


Рис. 19

Решение.

1. Обозначим узлы и контуры схемы. Зададим направление обхода элементарных контуров и предположительное направление токов в ветвях схемы (рис. 20)

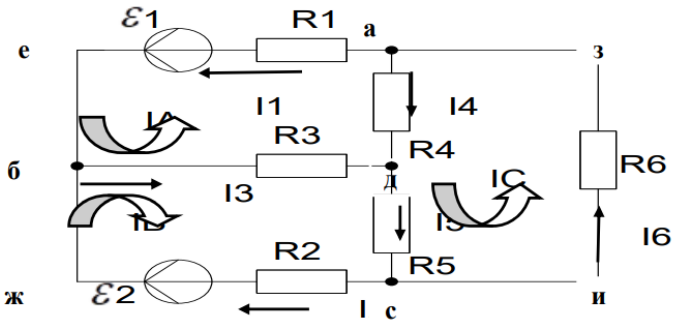


Рис. 20

2. Составим уравнения, используя метод контурных токов:

для контура *адбе*: $\varepsilon_1 = I_A(R_1 + R_3 + R_4) + I_B R_3 - I_C R_4.$

для контура *бдсж*: $\varepsilon_2 = I_A(R_2 + R_3 + R_5) + I_A R_3 - I_C R_5.$

для контура *арbс*: $0 = I_C(R_4 + R_5 + R_6) + I_A R_4 - I_B R_5.$

3. Составим баланс мощностей:

$$\varepsilon_1 I_1 + \varepsilon_2 I_2 = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 + I_6^2 R_6.$$

Задача № 7. Известны контурные токи $I_A = 3\,A, I_B = 4\,A, I_C = 5\,A$ (рис. 21). Задайте направления контурных токов и определите реальные токи во всех ветвях схемы. Проверьте правильность их нахождения, используя первый закон Кирхгофа. Составьте уравнение баланса мощностей в общем виде.

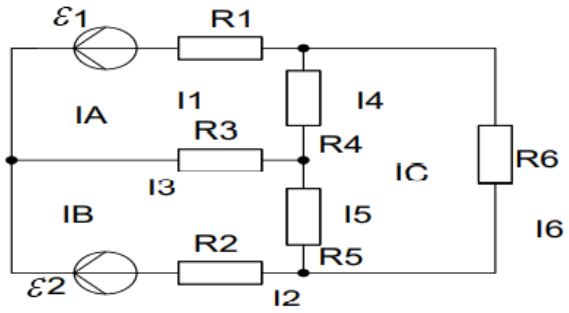


Рис. 21

Решение.

1. Зададим направление обхода элементарных контуров (рис. 22).

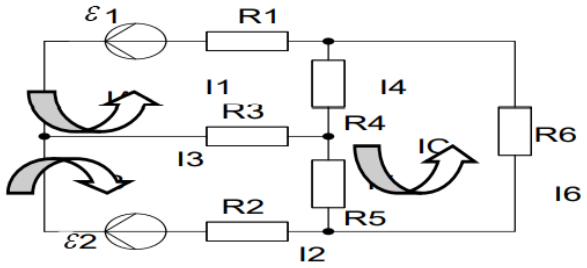


Рис. 22

2. Определим токи во всех ветвях схемы и зададим их направление в ветвях схемы согласно расчетам:

$$I_1 = I_A = 3\ A.$$
$$I_2 = I_B = 4\ A.$$
$$I_6 = I_C = 5\ A.$$
$$I_4 = I_C - I_A = 5 - 3 = 2\ A.$$
$$I_3 = I_B - I_A = 4 + 3 = 7\ A.$$
$$I_5 = I_C - I_B = 5 - 4 = 1\ A.$$

Получаем схему со следующими направлениями токов в ветвях схемы (рис. 23):

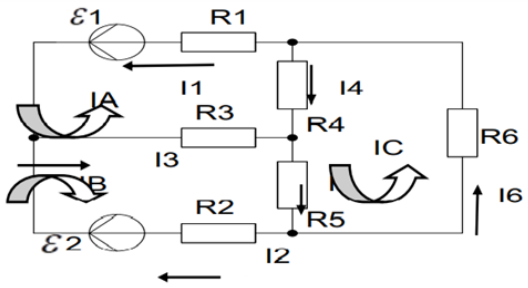


Рис. 23

3. Проверку правильности нахождения токов в ветвях схемы осуществляем, используя первый закон Кирхгофа, например,

$$I_1 = I_6 - I_4 = 5 - 2 = 3.$$

4. Составим баланс мощностей в общем виде при условии полученного направления токов в ветвях схемы:

$$\varepsilon_1 I_1 + \varepsilon_2 I_2 = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 + I_6^2 R_6.$$

Применение метода наложения токов.

Задача № 8. Определить методом наложения ток I в электрической цепи постоянного тока (рис. 24), если сопротивление резистора $R = 4$ Ом, ЭДС генератора $\varepsilon_1 = 36$ В, внутреннее сопротивление $R_{01} = 0,3$ Ом, ЭДС аккумуляторной батареи $\varepsilon_2 = 12$ *В*, внутреннее сопротивление $R_{02} = 0,01$ Ом

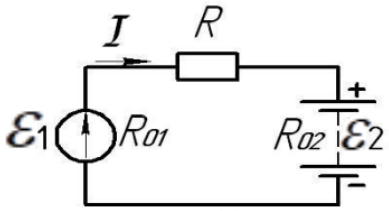


Рис. 24

Решение.

Ток в цепи резистора *R* при ЭДС $\varepsilon_2 = 0$ (рис. 25, а) по закону Ома для всей цепи:

$$I' = \frac{\varepsilon_1}{R_{01} + R + R_{02}} = \frac{36}{0,3 + 4 + 0,01} = 8,35 \text{ А}.$$

Ток в цепи резистора *R* при ЭДС $\varepsilon_1 = 0$ (рис. 25, б) по закону Ома для

всей цепи:

$$I'' = \frac{\varepsilon_2}{R_{01} + R + R_{02}} = \frac{12}{0,3 + 4 + 0,01} = 2,09 \text{ А}.$$

Ток в электрической цепи при наличии обоих источников питания:

$$I = I' - I'' = 8,35 - 2,09 = 6,26 \text{ А}.$$

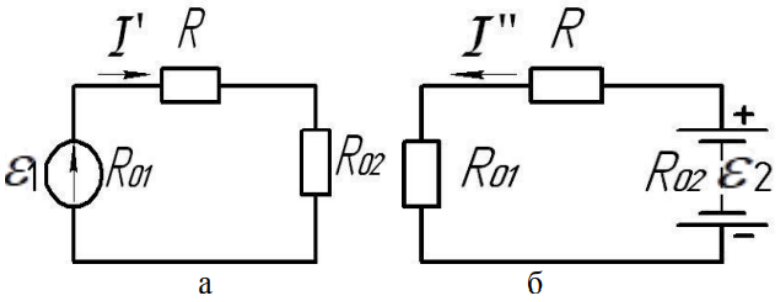


Рис. 25

Задача № 9. Определить методом узлового напряжения (рис. 26) токи I, I_1, I_2 в ветвях электрической цепи и составить баланс мощностей, если два источника постоянного тока с ЭДС $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 115$ В и внутренними сопротивлениями $R_{01} = 0,2$ Ом и $R_{02} = 0,4$ Ом включены параллельно на нагрузку $R_н = 5$ Ом.

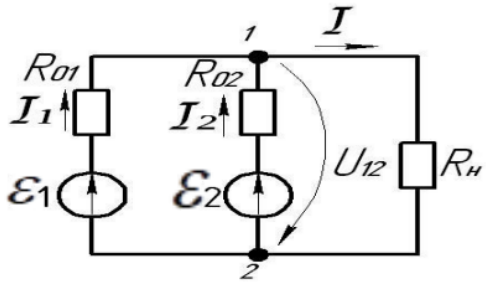


Рис.26

Решение.

Проводимости ветвей электрической цепи:

$$G_1 = \frac{1}{R_{01}} = \frac{1}{0,2} = 0,5 \text{ Ом}, G_H = \frac{1}{R_H} = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ Ом},$$

$$G_3 = \frac{1}{R_{02}} = \frac{1}{0,4} = 2,5 \text{ Ом}.$$

Узловое напряжение, действующее между узлами 1 и 2 цепи:

$$U_{12} = \frac{\varepsilon_1 \cdot G_1 + \varepsilon_2 \cdot G_2}{G_1 + G_2 + G_3} = \frac{115 \cdot 5 + 115 \cdot 2,5}{0,5 + 0,2 + 2,5} = 112 \text{ В}$$

Принимаем положительные направления токов в ветвях в соответствии с рис. 26. По второму закону Кирхгофа для ветви генератора с ЭДС можно записать следующее уравнение электрического равновесия: $U_{12} + R_{01} I_1 = \varepsilon_1$, откуда

$$I_1 = \frac{\varepsilon_1 - U_{12}}{R_{01}} = (\varepsilon_1 - U_{12})\ G_1 = (115 - 112)\ 5 = 15 \text{ А}.$$

Аналогично записывают уравнение для ветви с ЭДС ε_2 для определения тока:

$$I_2 = \frac{\varepsilon_{12} - U_{12}}{R_{02}} = (\varepsilon_2 - U_{12})\ G_2 = (115 - 112)\ 2,5 = 7,5 \text{ А}.$$

Ток в цепи резистора $R_н$ в соответствии с законом Ома:

$$I_3 = \frac{U_{12}}{R_H} = \frac{112}{5} = 22,4 \text{ А}.$$

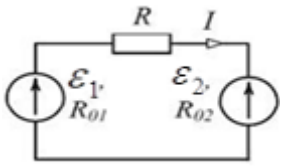
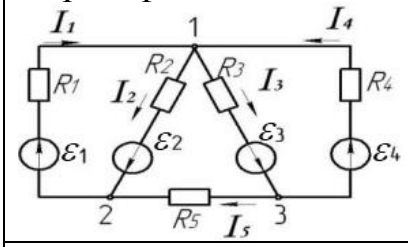
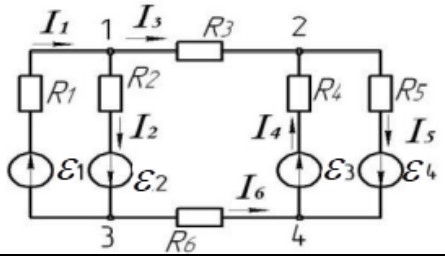
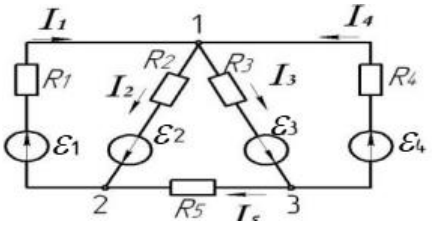
Составляем баланс мощностей:

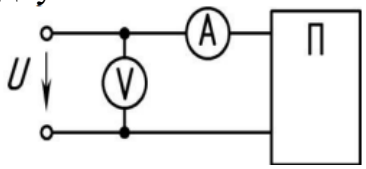
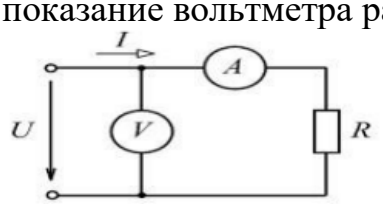
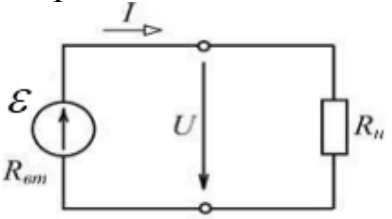
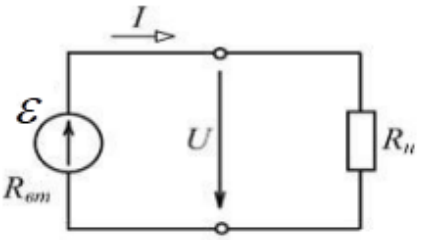
$$\varepsilon_1 I_1 + \varepsilon_2 I_2 = I_1^2 R_{01} + I_2^2 R_{02} + I_3^2 R_{H.}$$

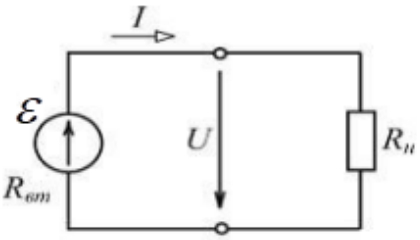
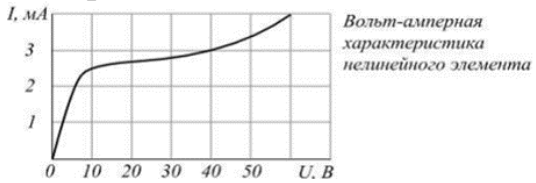
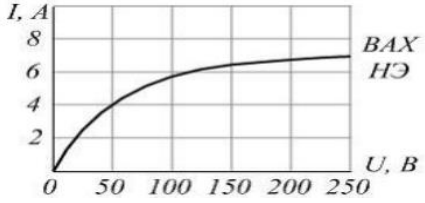
Подстановка числовых значений позволяет сделать вывод, что баланс мощностей сошелся, т.к. $2587,5 \text{ Вт} = 2587,5 \text{ Вт}$.

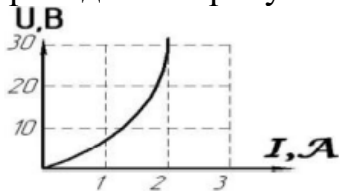
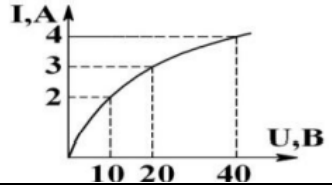
Примеры тестовых заданий

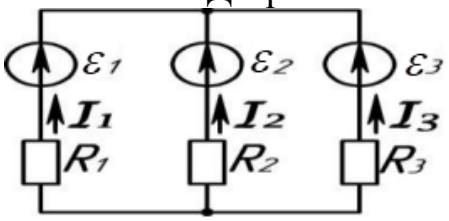
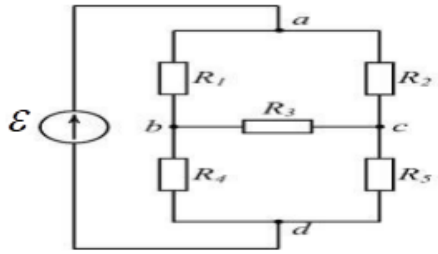
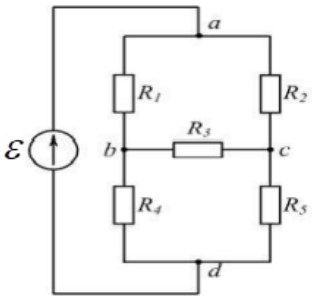
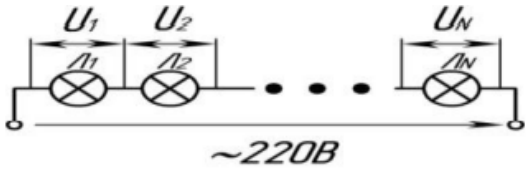
Вопрос	Варианты ответа (выберите правильный ответ или впишите правильный ответ)
Место соединения трех и более ветвей называется…	контуром полюсом узлом деревом
Контуром электрической цепи называют…	часть цепи с двумя выделенными зажимами замкнутый путь, проходящий через несколько ветвей и узлов совокупность ветвей, соединяющих все узлы участок цепи с одним и тем же током
По закону Ома для участка цепи	$I = RU$ $P = RI^2$ $P = \frac{U^2}{R}$ $I = \frac{U}{R}$
Первому закону Кирхгофа соответствует уравнение …	$\sum U = 0$ $\sum \varepsilon I = \sum RI^2$ $\sum RI = \sum \varepsilon$ $\sum I = 0$
Второму закону Кирхгофа соответствует уравнение …	$\sum U = 0$ $\sum \varepsilon I = \sum RI^2$ $\sum RI = \sum \varepsilon$ $\sum I = 0$
Балансу мощностей соответствует уравнение …	$\sum U = 0$ $\sum \varepsilon I = \sum RI^2$ $\sum RI = \sum \varepsilon$ $\sum I = 0$
При увеличении напряжения на концах проводника в 2 раза сила тока в проводнике …	Уменьшится 2 раза Увеличится в 2 раза Увеличится в 4 раза Уменьшится в 4 раза

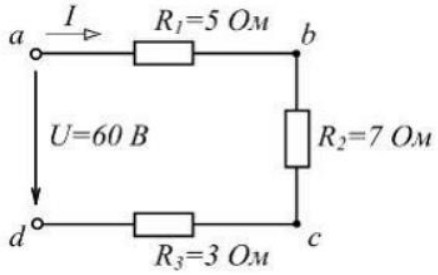
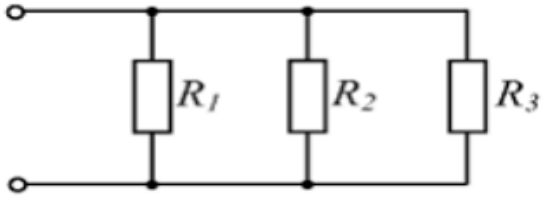
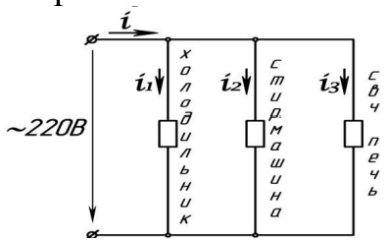
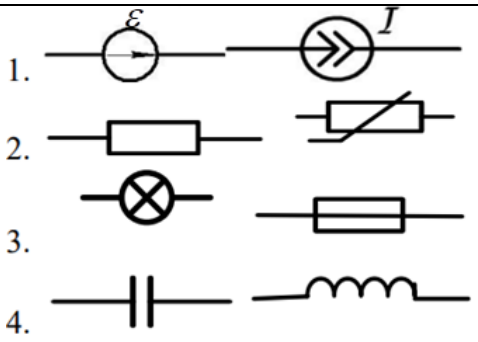
Если $\varepsilon = 60\ В, R = 10\ Ом,$ то ток I источника равен ___	2 3 4 6
Уравнение баланса мощностей имеет вид … 	$-\varepsilon_1 I + \varepsilon_2 I = R_{01} I^2 + RI^2 + R_{02} I^2$ $\varepsilon_1 I + \varepsilon_2 I = R_{01} I^2 + RI^2 + R_{02} I^2$ $\varepsilon_1 I - \varepsilon_2 I = R_{01} I^2 + RI^2 + R_{02} I^2$ $\varepsilon_1 I + \varepsilon_2 I = R_{01} I + RI + R_{02} I$
Для одного из контуров справедливо уравнение по второму закону Кирхгофа? 	$\varepsilon_3 + \varepsilon_4 = I_3 R_3 + I_4 R_4$ $\varepsilon_3 - \varepsilon_4 = I_1 R_1 + I_2 R_2$ $\varepsilon_2 + \varepsilon_3 = \varepsilon_4 = I_2 R_2 + I_3 R_3 - E_4 R_4$ $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2$
Для одного из узлов справедливо уравнение по первому закону Кирхгофа 	$I_6 + I_5 - I_4 = 0$ $I_1 + I_4 - I_5 = 0$ $I_1 + I_2 - I_3 = 0$ $I_4 + I_5 - I_6 = 0$
Определите ток I_2 в приведенной схеме, если $I_1 = 8\ А, I_5 = 3\ А.$ 	$I_2 = 11\ А.$ $I_2 = 24\ А.$ $I_2 = 5\ А.$ $I_2 = 2,6\ А$

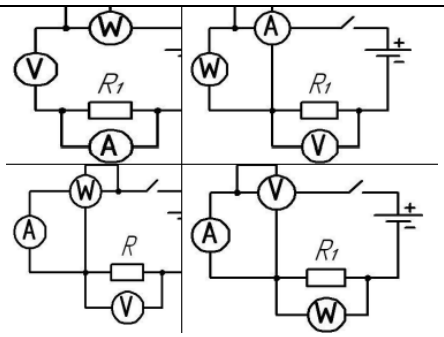
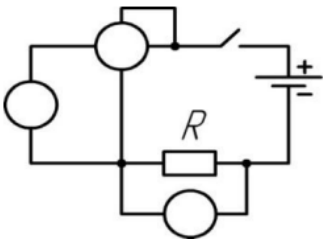
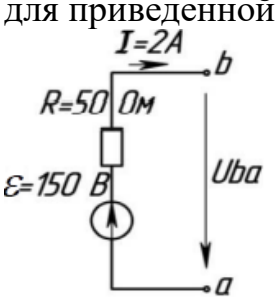
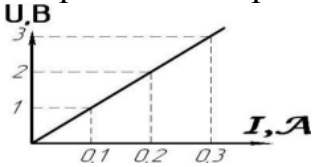
Если показания приборов $U = 20\ B$, $I = 5\ A$, то входное сопротивление пассивного двухполюсника … 	____ Ом.
Если амперметр показывает значение тока $I = 4\ A$, то при $R = 0,2\ кОм$ показание вольтметра равно …. 	____ В.
ЭДС источника $\varepsilon = 100\ B$, напряжение на резисторе $R_{\text{Н}}$ $U = 90\ B$, тогда на резисторе $R_{\text{вт}}$ источника тратится ____% энергии 	____ %.
Неоновая лампа мощностью $P = 5$ Вт, рассчитанная на напряжение $U = 100$ В, потребляет в номинальном режиме ток $I =$ ____ *мА*.	500 0,5 0,02 50
ЭДС источник $\varepsilon = 100$ В, $R_{вт} = 2$ Ом, ток в цепи $I = 10$ А. Тогда напряжение на резисторе $R_н$ U равно 	____ В.

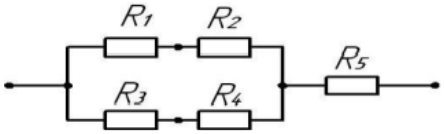
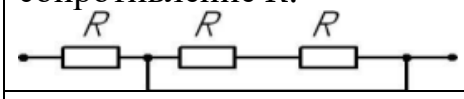
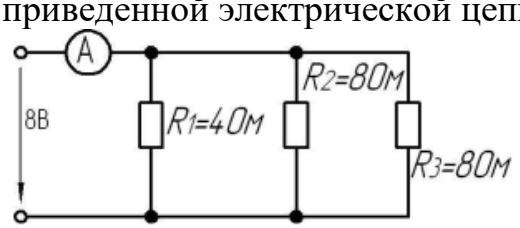
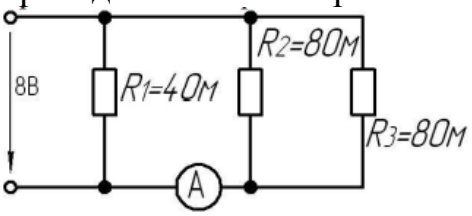
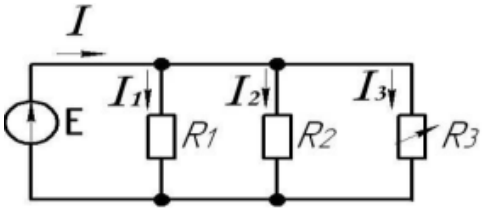
В пассивной цепи $\varepsilon = 130$ В, $R_{вт} = 5$ Ом, $R_H = 20$ Ом. Определить КПД источника. 	____ %.
При напряжении $U = 40$ В статическое сопротивление нелинейного элемента с заданной ВАХ равно … 	_____ Ом.
Вольт - амперная характеристика $U=f(I)$ нелинейного элемента имеет максимум при токе 5 А и напряжении 350 В. Дифференциальное сопротивление элемента при этом равно …	нулю 70 *Ом* -70 *Ом* бесконечности
Нелинейный элемент с заданной ВАХ и линейный элемент с сопротивлением $R = 20$ *Ом* соединены последовательно. Если напряжение на нелинейном элементе равно 100 *В*, то напряжение, приложенное к цепи, равно ___ В. 	4 100 160 220

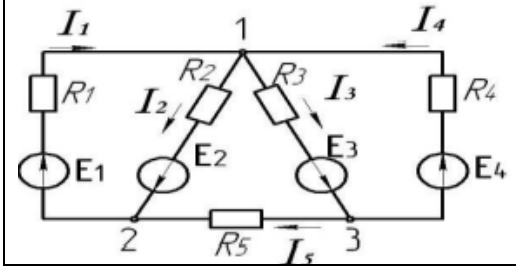
При токе $I = 5$ А напряжение на нелинейном элементе равно 55 В. При возрастании тока на 1 А напряжение становится равным 50 В. Дифференциальное сопротивление элемента при напряжении 55 В приблизительно равно …	5 Ом – 5 Ом 1 Ом нулю
Найдите значение статического сопротивления при токе 2 А для нелинейного элемента, ВАХ которого приведена на рисунке. 	15 Ом. 30 Ом. 0,13 Ом. 0,06 Ом.
Два нелинейных резистивных элемента, имеющих одинаковые вольт-амперные характеристики, соединены последовательно. Если напряжение на входе цепи $U_{BX} = 20$ В, ток в цепи равен… 	____ А.
Вольт-амперная характеристика нелинейного элемента задана уравнением $U = 2I^2 + 4I + 2$. Тогда при токе $I = 4\ A$ дифференциальное сопротивление элемента равно …	_____ Ом.
Заполните таблицу числовыми значениями тока и напряжения, если в электрической цепи присутствует нелинейный элемент. Каково будет его статическое сопротивление в последней точке ВАХ? U | | | | | I | | | | |	_____ Ом.

Если $I_1 = 3\ A,\ I_2 = 2\ A,\ I_3 = 5\ A$, то источники ЭДС работают … 	все в режиме генератора все в режиме активного приемника $\mathcal{E}_1,\ \mathcal{E}_2$ – в режиме активного приемника, $\mathcal{E}_3$ – в режиме генератора $\mathcal{E}_1,\ \mathcal{E}_2$ – в режиме генератора, $\mathcal{E}_3$ – в режиме активного приемника
На изображенной схеме сопротивления R_1, R_2 и R_3 соединены … 	звездой треугольником последовательно параллельно
На изображенной схеме сопротивления R_2, R_3 и R_5 соединены … 	звездой треугольником последовательно параллельно
Требуется изготовить новогоднюю гирлянду из одинаковых ламп напряжением 3,5 *В*. Сколько потребуется ламп? 	_____ ламп

Падение напряжения на участке *bc* равно…В.  	20 28 48 60
Эквивалентное входное сопротивление $R_э$ цепи равно …  	$\frac{R_1R_2R_3}{R_1+R_2+R_3}$ $\frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}}$ $R_1+R_2+R_3$ $\frac{1}{R_1+R_2+R_3}$
В домашнюю розетку через удлинитель включены холодильник мощностью 300 Вт, стиральная машина мощностью 2,5 кВт и СВЧ-печь мощностью 1,5 кВт. Определить общий ток в цепи и ток каждого потребителя.  	I=_____. I_1=_____. I_2=_____. I_3=_____.
Активные элементы электрической цепи обозначены условными обозначениями …	

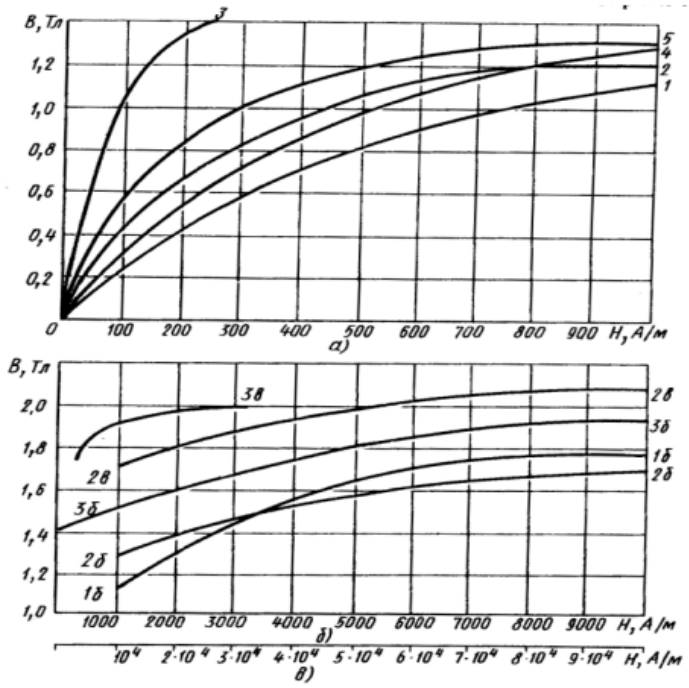
На каком рисунке изображено правильное подключение всех трех измерительных приборов: амперметра, вольтметра и ваттметра?	
Дополните схему электрической цепи условными обозначениями измерительных приборов. Какие показания будут на вольтметре и ваттметре, если аккумуляторная батарея, обладает внутренним сопротивлением $r_0 = 0{,}5\ Ом$ при ЭДС ε=60 B, а показание амперметра составляет 4 А. Указать звездочками расположение генераторных зажимов у ваттметра	____ В, ____ Вт. 
Напряжение между зажимами ветвей для приведенной схемы равно … 	_____ В
При заданной ВАХ приемника его сопротивление равно … 	___ Ом.

Определите эквивалентное сопротивление цепи, изображенной на рисунке, если $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 5$ Ом 	___ Ом.
Определите эквивалентное сопротивление электрической цепи, изображенной на рисунке, если все резисторы в ней имеют одинаковое сопротивление R. 	$R_{экв} = R.$ $R_{экв} = R / 3.$ $R_{экв} = 3R / 2.$ $R_{экв} = 3R.$
Определите показание амперметра, в приведенной электрической цепи. 	___ А.
Определите показание амперметра, в приведенной электрической цепи. 	___ А.
Определите ток в неразветвленной части цепи I, если $U = 10$ В, $R_1 = 4$ Ом, $R_2 = 4$ Ом, $R_3 = 2$ Ом. 	___ А.

Сколько узловых и контурных уравнений необходимо составить для определения неизвестных токов в этой схеме? 	1 узловое, 2 контурных. 2 узловых, 2 контурных. 2 узловых, 3 контурных. 3 узловых, 3 контурных

2) Магнитные цепи

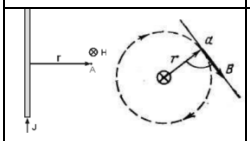
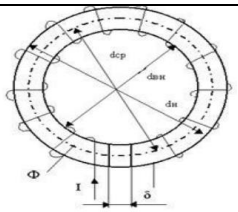
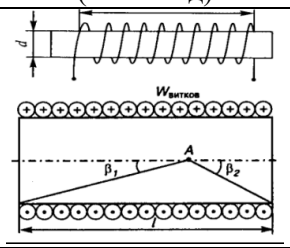
Задачи, предусмотренные в билетах по данному разделу темы № 1, направлены на проверку уровня сформированности умений обучающихся рассчитывать однородные и неоднородные неразветвленные магнитные цепи. Формулы для расчета основных параметров магнитной цепи приведены в таблице. При решении этих задач в качестве приложения используются кривые намагничивания, приведенные на рис. 27.



ПРИМЕЧАНИЕ:1 - литая сталь,
2 - листовая электротехническая сталь 1512 (горячекатаная),
3 - листовая электротехническая сталь 3411 (холоднокатаная),
4 - листовая электротехническая сталь 1212 (горячекатаная),
5 - листовая электротехническая сталь 1410 (горячекатаная).

Рис. 27

Таблица

Характеристика магнитного поля	Провод с током	Тороид	Цилиндрическая катушка (соленоид)
			
Магнитная индукция	В точке, лежащей на окружности вокруг провода: $B = \mu_a \frac{I}{2\pi r}$. Внутри провода на расстоянии ***a*** от оси провода: $B = \mu_a \frac{I}{2\pi a^2} r$	Внутри магнитопровода в любой точке окружности: $B = \mu_a \frac{I \cdot w}{l}$, где l – длина контура, м. На средней линии тороида: $B = \mu_0 \mu_r \frac{I \cdot w}{2\pi d_{ср}}$, где $d_{ср} = (d_н + d_{вн})/2$.	Внутри магнитопровода: $B = \mu_a \frac{I \cdot w}{l}$, где l – длина сердечника, м. В точке на осевой линии: $B = \mu_a \frac{I \cdot w}{2l}(\cos\beta_1 + \cos\beta_2)$
Напряженность магнитного поля	В точке, лежащей на окружности вокруг провода: $H = \frac{I}{l} = \frac{I}{2\pi r}$. Внутри провода на расстоянии а от оси провода: $H = \frac{I}{2\pi a^2} r$	$H = \frac{I \cdot w}{l}$, где l - длина контура, м. $l = 2\pi d_{ср} = \pi(d_H + d_{вн})$	На осевой линии катушки в ее центральной части $H = \frac{I \cdot w}{l}$, где l – длина сердечника, м В точке на осевой линии: $H = \frac{I \cdot w}{2l}(\cos\beta_1 + \cos\beta_2)$

Рассмотрим примеры решения задач.

Задача № 10. Кольцевой сердечник из литой стали (рис. 28) с равномерно распределенной катушкой имеет размеры: внутренний диаметр d=20 см, наружный диаметр D=24 см и воздушный зазор δ=2 мм. Определить магнитодвижущую силу F, необходимую для создания в воздушном зазоре магнитной индукции B=1 Вб/м^2 .

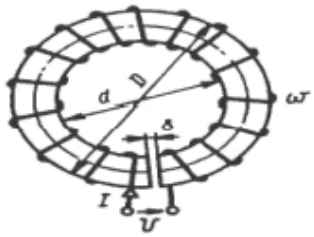


Рис.28

Решение.

Напряженность магнитного поля в сердечнике магнитопровода определяется по кривой намагничивания *B (H)* для литой стали (см. рис. 27). Пренебрегая потоками рассеяния, принимаем, что магнитная индукция в воздушном зазоре и в стали одинакова:

$B_0 = B_c = 1$ Вб/м^2 $= 1$ Тл, чему соответствует $H_c = 700$ А/м.

Средняя длина магнитной силовой линии кольцевого магнитопровода:

$$l_{cp} = \pi D_{cp} = \frac{\pi(D+d)}{2} = 3{,}14\frac{(24+20)}{2} = 69{,}2 \text{ см}.$$

Напряжённость магнитного поля в воздушном зазоре:

$H_0 = B_0 / \mu_a = B_0 / \mu_0 = \dfrac{1}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 0{,}8 \cdot 10^6 A/м$ (так как абсолютная магнитная проницаемость $\mu_a = \mu_r \mu_{0,}$ а для воздуха $\mu = 1,$ то $\mu_a = \mu_0$.

Определяем магнитодвижущую силу катушки исходя из закона полного тока:

$$Iw = H_c l'_{cp} + H_0 \delta = 700 \cdot 0{,}69 + 0{,}8 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 2083A,$$

Где $l_{ср}' = l - \delta = 69,2 - 0,2 = 69$ *см* - средняя длина магнитопровода без воздушного зазора.

Задача № 11. В неразветвленной магнитной цепи с длиной средней линии 0,4 м и воздушным зазором $\delta_0 = 2$ мм необходимо создать магнитную индукцию $B = 1,6$ *Тл.* Магнитопровод выполнен из электротехнической стали 1512 (рис. 29). Определить напряженность поля в магнитопроводе и воздушном зазоре, ток намагничивающей обмотки с числом витков $w =$ 300.

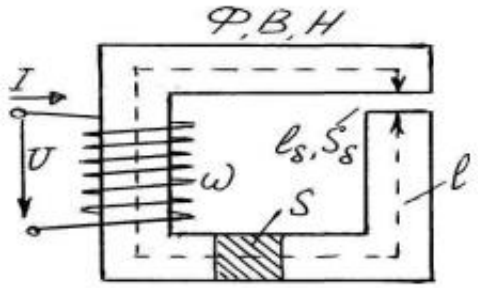


Рис. 29

Решение.

Определяем напряженность магнитного поля в воздушном зазоре

$$H_0 = B_0 / \mu_a = B_0 / \mu_0 = \frac{1,6}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 1,27 \cdot 10^6 \frac{A}{м}.$$

По приложению (см. рис. 27) находим напряженность поля магнитопровода $H = 6000$ *А / м.*

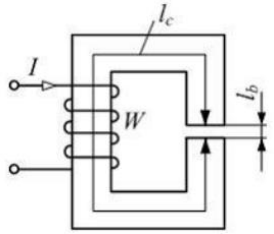
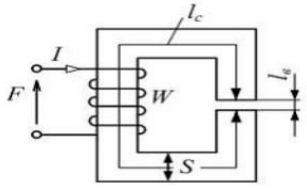
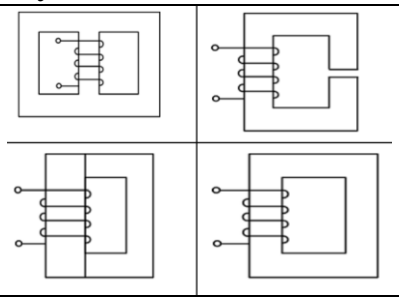
Намагничивающая сила обмотки по закону полного тока

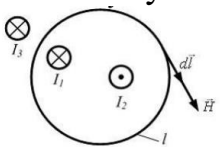
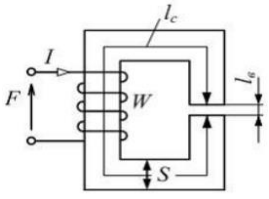
$$I_\omega = 6000 \cdot 0,4 + 1,27 \cdot 10^6 \cdot 0,002 = 4928 \text{ А}.$$

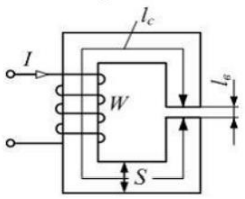
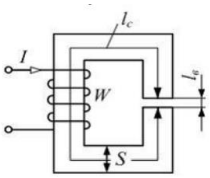
Токи обмотки

$$I = F / \omega = 4928 / 300 = 16,43 \text{ А}.$$

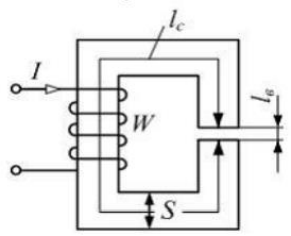
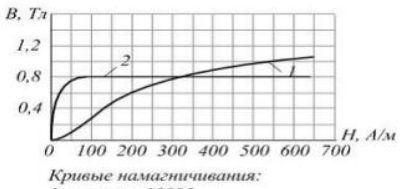
Примеры тестовых заданий

Вопрос	Варианты ответа (выберите правильный ответ или впишите правильный ответ)
Магнитодвижущая сила (МДС) катушки, имеющей W витков, с током I равна … 	I WI $H_C \cdot l_C$ $\frac{B}{\mu_0} \cdot l_b$
Магнитный поток Φ через площадь S равен …	$\int_S BdS$ $\int_S \frac{\vec{B}}{\mu_a} d\vec{S}$ $\int_S \vec{B} d\vec{S}$ $\int_S \frac{1}{B} dS$
В изображенной магнитной цепи магнитное сопротивление воздушного зазора $R_{мв}$ = __, магнитное сопротивление ферромагнитного участка $R_{мс}$ = __. 	$\frac{l_в}{\mu_0 s}; \frac{l_c}{\mu_0 \mu_r s}$ $\frac{l_в}{\mu_0 s}; \frac{l_c}{\mu_r s}$ $\frac{\mu_0 s}{l_в}; \frac{\mu_r s}{l_c}$ $\frac{\mu_0 s}{l_в}; \frac{\mu_0 \mu_r s}{l_c}$
Неразветвленной однородной является магнитная цепь …	

Магнитопроводы электромагнитных устройств не выполняют из …	низкоуглеродистой электротехнической стали листовой электротехнической (железокремнистой) стали железоникелевых сплавов (пермаллоев) электротехнической меди
Для уменьшения потерь от гистерезиса магнитопроводы электротехнических устройств переменного тока выполняют из …	ферромагнитных материалов с широкой петлей гистерезиса ферромагнитных материалов с узкой петлей гистерезиса тонких изолированных друг от друга листов электротехнической стали ферромагнитных материалов с большим удельным электрическим сопротивлением
$\oint_l \vec{H}d\vec{l} = ...$ По закону полного тока 	I_1-I_2 I_1+I_2 I_1+I_2+I_3 I_1-I_2+I_3
При $B = 1Тл, S = 6см^2$, магнитных напряжениях на ферромагнитном участке $U_{мв} = 360$ А и воздушном зазоре $U_{мв} = 500$ А эквивалентное магнитное сопротивление цепи $R_м = 1/\text{Гн}$. 	$60 \cdot 10^4$ $83 \cdot 10^4$ $100 \cdot 10^4$ $143 \cdot 10^4$

В изображенной магнитной цепи при $B=1$ Тл, длине воздушного зазора $l_в=0,628$ мм магнитное напряжение на воздушном зазоре $U_{мв}$ = ____ А.  	360 430 500 860
В изображенной магнитной цепи с заданной таблицей кривой намагничивания при $B=1$ Тл, средней длине магнитной линии в ферромагнитном участке $l_c=80$ *см* – магнитное напряжение на ферромагнитном участке $U_{мс}$ = ____ А.  	360 430 500 860
$R_m=4\cdot105$ 1/Гн, Ф=1 мВб, тогда F равна...	___А.
Магнитное поле, во всех точках которого векторы магнитной индукции B равны по величине и параллельны, называется	Однородным равномерным соленоидальным стационарным

B	Тл	0	0,5	0,7	1,0
H_c	А/м	0	120	200	450

В магнитной цепи длина l равна 40 см, число витков $w = 400$, ток $I = 1$ А. Тогда, создаваемая током I напряженность магнитного поля H равна …  	___А/м.
Магнитной индукцией B является величина, измеряемая в …	Вб А/м Тл А
Векторной величиной, характеризующей индукционное и электромеханическое (силовое) действие магнитного поля, является	магнитный потенциал $\varphi_м$ магнитная индукция B магнитный поток $Ф$ напряженность магнитного поля H
Физической величиной, определяемой по силе, действующей со стороны магнитного поля на движущуюся в этом поле, заряженную частицу, является …	Магнитная индукция B. Напряженность электрического поля E. Намагниченность M. Напряженность магнитного поля H
Для создания в замкнутом сердечнике магнитной индукции $B = 0,4$ Тл предпочтительнее ____, а для создания магнитной индукции $B = 0,1$ Тл___...  *Кривые намагничивания:* *1 – стали 10895,* *2 –пермаллоя.*	пермаллой, пермаллой пермаллой, сталь сталь, пермаллой сталь, сталь
Принцип непрерывности магнитного поля выражает интегральное соотношение …	$\oint \vec{H} dl = I$ $Ф = \oint \vec{B} ds$ $\oint \vec{B} ds = 0$ $L = -\frac{d\psi}{dt}$

В ферромагнитных веществах магнитная индукция В и напряженность магнитного поля Н связаны соотношением	$B = \mu_a H$ $B = \frac{H}{\mu_a}$ $B = \mu_0 H$ $B = \frac{H}{\mu_0}$
Законом Ома для магнитной цепи называется уравнение…	$\Phi = \frac{I \cdot w}{U_m} = \frac{F}{U_m}$ $\Phi = \frac{I \cdot w}{R_m} = \frac{F}{R_m}$ $\Phi = \frac{I \cdot w}{I \cdot w} = \frac{R_m}{F}$ $\Phi = IwR_m = FR_m$
Формулировка «На всякий проводник с током, помещённый в магнитное поле, действует электромагнитная сила» соответствует закон	Ампера Электромагнитной индукции Полного тока Ленца
Формулировка «Намагничивающая сила *H* вдоль контура равна полному току, проходящему сквозь поверхность, ограниченную этим контуром» соответствует закону	Ампера Электромагнитной индукции Полного тока Ленца
Формулировка «В проводе, который при движении в магнитном поле пересекает магнитные линии, возбуждается ЭДС, которая называется ЭДС электромагнитной индукции» соответствует закону	Ампера Электромагнитной индукции Полного тока Ленца

ТЕМА 2. Линейные электрические цепи синусоидального тока

Задачи по данной теме посвящены расчетам линейных электрических цепей однофазного и трехфазного синусоидального тока. Рассмотрим ряд из них.

Расчёт электрических цепей однофазного синусоидального тока.

Задача № 12. Дана электрическая цепь однофазного синусоидального переменного тока с последовательным соединением приемников (рис. 30). Определить ток в цепи, напряжение на всех элементах цепи, полную мощность и построить векторные диаграммы, если известны: f=50 Гц, R=4 Ом, L=40 мГн, C=200 мкФ, U=100 В, ψ_U =20˚.

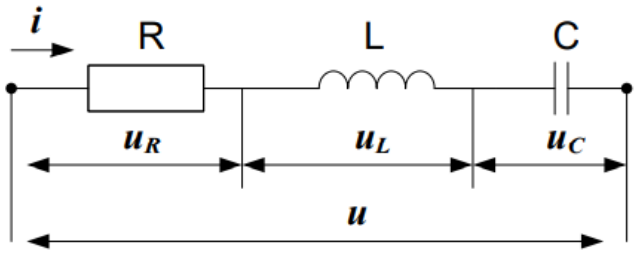


Рис. 30

Решение.

1. Определяем реактивные сопротивления электрической цепи:

Индуктивное сопротивление:

$$X_L = 2\pi fL = \omega L = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 12{,}6 \text{ Ом}.$$

Алгебраическая запись данного сопротивления – j12,6 Ом, показательная – $12{,}6e^{j90^\circ}$ Ом.

Емкостное сопротивление:

$$X_L = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 \cdot 200 \cdot 10^{-6}} = 16 \text{ Ом}.$$

Алгебраическая запись данного сопротивления – (–j16) Ом, показательная – $16e^{-j90^\circ}$ Ом.

2. Записываем полное сопротивление цепи:

$$\dot{Z} = R + jX_L - jX_C = 4 + j12{,}6 - j16 = 4 - j3{,}4 \text{ Ом}.$$

Данная запись представляет собой алгебраическую форму записи полного сопротивления цепи в комплексной форме. В алгебраической форме комплексные числа удобно складывать и вычитать. Для совершения действий умножения и деления необходимо алгебраическую форму перевести в показательную форму записи комплексного числа. Для этого сначала определим модуль полного сопротивления цепи:

$$\left|\dot{Z}\right| = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{4^2 + 3,4^2} = 5,2 \quad Ом.$$

Определяем угол φ для записи поворотного множителя:

$$\varphi = \text{arc}\,tg\,\frac{\pm X}{R} = \tan^{-1}\frac{-X}{R} = \frac{-3,4}{4} = -40^{\circ}.$$

Тогда запись полного сопротивления в показательной форме будет следующей:

$$\dot{Z} = 5,2e^{-j40^{\circ}}.$$

3. Так цепь представляет собой последовательное соединение элементов, то ток во всех элементах цепи будет одинаковый. Определяем ток в цепи, используя закон Ома:

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{\dot{Z}} = \frac{100e^{j20^{\circ}}}{5,2e^{-j40^{\circ}}} = 19,2e^{j60^{\circ}}\ A.$$

4. Определяем напряжения на резисторе, катушке индуктивности и конденсаторе, используя закон Ома:

$$\dot{U}_R = \dot{I} \cdot R = 19,2e^{j60^{\circ}} \cdot 4 = 77e^{j60^{\circ}}\ B.$$

$$\dot{U}_L = \dot{I} \cdot X_L = 19,2e^{j60^{\circ}} \cdot 12,6e^{j90^{\circ}} = 242e^{j150^{\circ}}\ B.$$

$$\dot{U}_C = \dot{I} \cdot X_C = 19,2e^{j60^{\circ}} \cdot 16e^{-j90^{\circ}} = 307,2e^{-j30^{\circ}}\ B.$$

5. Определяем полную мощность цепи, подставляя ток в формулу в сопряженном виде, т.е. заменив знак в угле поворотного множителя на противоположный:

$$\dot{P} = \dot{U} \cdot I^{*} = 100e^{j20^{\circ}} \cdot 19,2e^{-j60^{\circ}} = 1920e^{-j40^{\circ}}\ BA.$$

Запишем полную мощность в алгебраической форме, используя для

ее получения тригонометрическую запись комплексного числа:

$$\dot{P} = 1920\cos(-40^\circ) + j1920\sin(-40^\circ) = 1471 - j1234\ BA.$$

Из формулы видно, что в цепи преобладает активно-ёмкостный характер нагрузки.

Построим векторные диаграммы тока и напряжений для заданной электрической цепи. Для этого запишем показательные формы тока в цепи и напряжений на всех элементах цепи:

$$\dot{I} = 19,2e^{j60^\circ}\ A.$$

$$\dot{U}_R = 77e^{j60^\circ}\ B.$$

$$\dot{U}_L = 242e^{j150^\circ}\ B.$$

$$\dot{U}_C = 307,2e^{-j30^\circ}\ B.$$

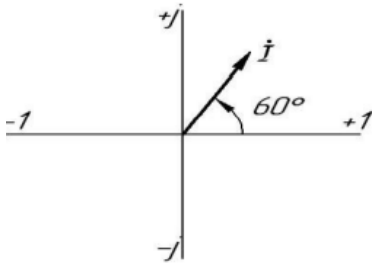
Построение векторной диаграммы начинаем с построения вектора тока. Так как цепь представляет собой последовательное соединение элементов, ток во всех элементах цепи одинаковый.

Задаем масштаб векторов тока и напряжения:

$$m_I: 1см = 5A.$$

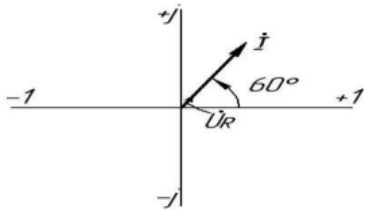
$$m_U: 1см = 100\,B.$$

На комплексной плоскости откладываем вектор тока длиной 19,2/5=3,84 см под углом 60˚ в I четверти комплексной плоскости, откладывая угол от оси абсцисс.

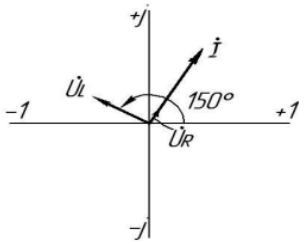


На комплексной плоскости сначала изображаем вектор напряжения на резисторе длиной 77/100=0,7 см под углом 60˚ в I четверти комплексной плоскости, откладывая угол от оси абсцисс. Как видно из векторной

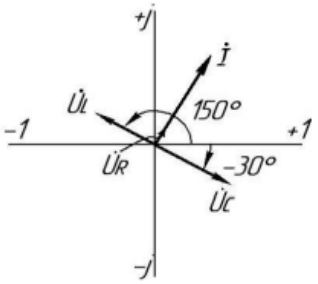
диаграммы, вектор напряжения на резисторе U_R совпадает с вектором тока в цепи.



Откладываем вектор напряжения на катушке индуктивности U_L. Данный вектор длиной 242/100=2,4 см откладываем во II четверти комплексной плоскости под углом 150˚ от оси абсцисс. Как видно из векторной диаграммы, вектор напряжения на катушке индуктивности U_L опережает вектор тока в цепи на угол 90˚.

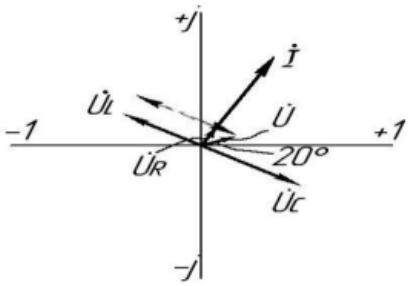


Откладываем вектор напряжения на конденсаторе U_C. Данный вектор длиной 307/100=3 см откладываем в IV четверти комплексной плоскости под углом –30˚ от оси абсцисс. Как видно из векторной диаграммы, вектор напряжения на конденсаторе U_C отстает от вектора тока в цепи на угол 90˚.



Методом переноса векторов строим на комплексной плоскости вектор напряжения *U*, приложенного цепи. К концу вектора U_R переносим вектор напряжения U_L, а к концу вектора U_L переносим вектор

напряжения U_C. Путем соединения начала вектора U_R и конца вектора U_C получаем вектор U. Как видно из векторной диаграммы, вектор U равен примерно 100 В и находится под углом 20˚.



Данную векторную диаграмму можно построить в следующей последовательности: откладываем вектор тока, вектор напряжения U_R, к концу вектора U_R пристраиваем под соответствующим углом вектор напряжения U_L, а к концу вектора U_L вектор напряжения U_C. Соединив начало вектора U_R и конец вектора U_C, получаем вектор U.

Задача № 13. Дана электрическая цепь однофазного синусоидального переменного тока с параллельным соединением приемников (рис. 31). Определить ток в неразветвленной части цепи *I,* токи в ветвях схемы I_1 и I_2, построить векторные диаграммы, если известны:

$$R_1 = R_2 = 4\ Ом,\ X_L = 6\ Ом,\ X_C = 8\ Ом,\ U = 100\ В,\ \psi_U = 0^\circ.$$

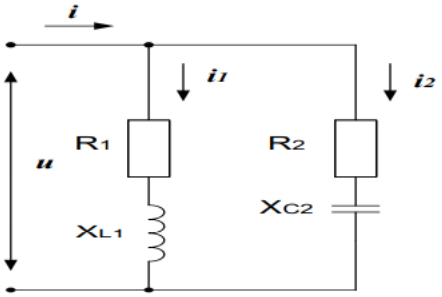


Рис. 31

Решение.

1. Записываем полные сопротивления ветвей электрической цепи $\dot{Z}_1$ и $\dot{Z}_2$ в алгебраической и показательной формах:

$$\dot{Z} = R_1 + jX_{L1} = 4 + j6 = 7,2e^{j56^\circ}\ Ом.$$

$$\dot{Z} = R_2 + jX_{C2} = 4 - j8 = 9e^{-j63^\circ}\ Ом.$$

2. Так сопротивления $\dot{Z}_1$ и $\dot{Z}_2$ соединены параллельно, напряжение, приложенное к ним одинаково, а токи в них разные. Определяем токи в ветвях цепи, используя закон Ома:

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}}{\dot{Z}_1} = \frac{100e^{j0^\circ}}{7,2e^{j56^\circ}} = 13,8e^{-j56^\circ}\ A.$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}}{\dot{Z}_2} = \frac{100e^{j0^\circ}}{9e^{-j63^\circ}} = 11e^{j63^\circ}\ A.$$

3. Определяем ток в неразветвленной части цепи как сумму токов в ветвях I_1 и I_2:

$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 7,7 - j11,4 + 5 + j9,89 = 12,7 - j1,51\ A.$$

Для построения векторной диаграммы определим показательную форму записи тока в неразветвленной части цепи:

$$\left|I\right| = \sqrt{I'^2 + I''^2} = \sqrt{12,7^2 + 1,51^2} = 12,5\ A.$$

Определяем угол φ для записи поворотного множителя:

$$\varphi = \operatorname{arctg}\frac{I''}{I'} = \tan^{-1}\frac{-1,51}{12,7} = -7^\circ.$$

Тогда $\dot{I} = 12,5e^{-j7^\circ}\ A.$

4. Построим векторные диаграммы напряжения и токов для заданной электрической цепи. Для этого запишем показательные формы напряжения и токов в ветвях цепи:

$\dot{U} = 100e^{j0^\circ}\ B.$

$\dot{I} = 12,5e^{-j7^\circ}\ A.$

$\dot{I}_1 = 13,8e^{-j56^\circ}\ A.$

$\dot{I}_2 = 11e^{j63^\circ}\ A.$

Построение векторной диаграммы начинаем с построения вектора напряжения, так как цепь представляет собой параллельное соединение

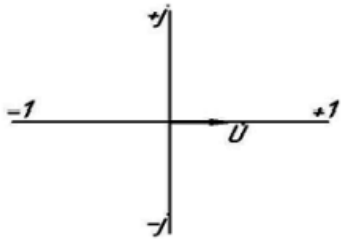
полных сопротивлений цепи.

Задаем масштаб векторов тока и напряжения:

$m_I : 1см = 4\,A.$

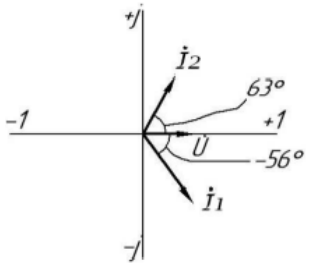
$m_U : 1см = 50\,B.$

На комплексной плоскости откладываем вектор напряжения длиной 100/50=2 см под углом 0˚, следовательно, вектор напряжения совпадает с осью абсцисс.

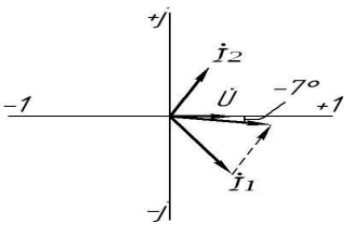


На комплексной плоскости изображаем вектор тока I_1 длиной 13,8/4=3,4 см под углом –56˚.

Откладываем вектор тока I_2 длиной 11/4=2,7 см под углом 63˚.



Вектор тока можно построить как сумму векторов I_1 и I_2. Для этого методом переноса к концу вектора I_1 переносим вектор I_2, соединив начало вектора I_1 и конец вектора I_2, получим вектор тока в неразветвленной части цепи. Как видно из векторной диаграммы, его величина составляет 12,5 А под углом –7˚.



Задача № 14. Дана электрическая цепь однофазного синусоидального переменного тока со смешанным соединением приемников (рис. 3). Определить ток в неразветвленной части цепи I_1, токи в ветвях схемы I_2 и I_3, напряжения на участках цепи U_{12} и U_{23}, полную мощность цепи P и мощность на всех участках цепи P_1, P_2 и P_3, составить баланс мощностей и построить векторные диаграммы, если известны:

$$R = 4\ Ом,\ X_L = 6\ Ом,\ X_C = 8\ Ом,\ U = 100\ В,\ \psi_U = 45^\circ.$$

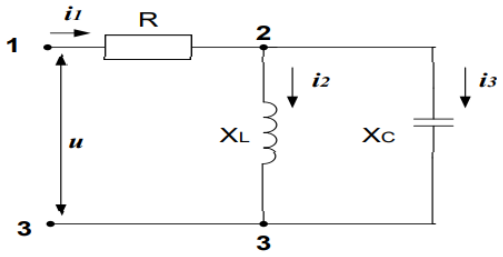


Рис. 32

Решение.

1. Записываем полные сопротивления всех участков цепи в алгебраической и показательной формах:

$\dot{Z}_1 = R = 4\ Ом.$

$\dot{Z}_2 = jX_L = j6 = 6e^{j90^\circ}\ Ом.$

$\dot{Z}_3 = -jX_C = -j8 = 8e^{-j90^\circ}\ Ом.$

2. Так как цепь представляет собой смешанное соединение приемников (рис. 33), то для нахождения тока в неразветвленной части цепи и напряжений на ее участках схему необходимо упростить до одного полного сопротивления.

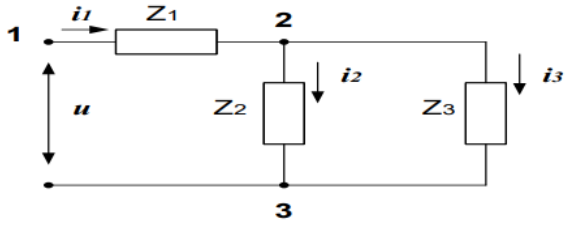


Рис. 33

В первую очередь, эквивалентируем

сопротивления $\dot{Z}_2$ и $\dot{Z}_3$, соединенные между собой параллельно:

$$\dot{Z}_{23} = \frac{\dot{Z}_2 \cdot \dot{Z}_3}{\dot{Z}_2 + \dot{Z}_3} = \frac{6e^{j90^\circ} \cdot 8e^{-j90^\circ}}{j6 + (-j8)} = \frac{48e^{-j0^\circ}}{-j2} = \frac{48e^{-j0^\circ}}{2e^{-j90^\circ}} = 24e^{j90^\circ} = j24 \ Ом.$$

3. После преобразования схема принимает следующий вид (рис. 34, а).

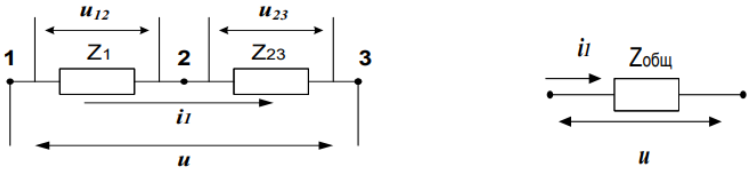


Рис. 34

Теперь сопротивления $\dot{Z}_1$ и $\dot{Z}_{23}$ соединены последовательно, следовательно, находим общее сопротивление цепи (рис. 34,б):

$$\dot{Z}_{общ} = \dot{Z}_1 + \dot{Z}_{23} = 4 + j24 = \sqrt{4^2 + 24^2}\, e^{\varphi = \tan^{-1}\frac{24}{4}} = 24,3e^{j80^\circ} Ом.$$

4. Определяем ток в неразветвленной части цепи, используя закон Ома:

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}}{\dot{Z}_{общ}} \frac{100e^{j45^\circ}}{24,3e^{j80^\circ}} = 4e^{-j35^\circ} A.$$

5. Чтобы определить в параллельно соединенных сопротивлениях цепи и мощность P_1, необходимо определить напряжения U_{12} и U_{23}. В результате преобразования параллельно соединенных сопротивлений $\dot{Z}_2$ и $\dot{Z}_3$ мы получили схему, изображенную на рис. 5, а. Как видно из рисунка, сопротивления $\dot{Z}_1$ и $\dot{Z}_{23}$ соединены последовательно, ток I, проходящий через них, одинаков. Таким образом, мы можем найти напряжения U_{12} и U_{23}, используя закон Ома:

$$\dot{U}_{12} = \dot{I}_1 \cdot \dot{Z}_1 = \dot{I} \cdot R = 4e^{-j35^\circ} \cdot 4 = 16e^{-j35^\circ} B.$$

$$\dot{U}_{23} = \dot{I}_1 \cdot \dot{Z}_{23} = 4e^{-j35^\circ} \cdot 24e^{j90^\circ} = 96e^{j55^\circ} B.$$

6. Зная напряжение U_{23}, определим токи в ветвях цепи I_2 и I_3:

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_{23}}{\dot{Z}_2} = \frac{96e^{j55^\circ}}{6e^{j90^\circ}} = 16e^{-j35^\circ}\ A.$$

$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{U}_{23}}{\dot{Z}_3} = \frac{96e^{j55^\circ}}{8e^{-j90^\circ}} = 12e^{j145^\circ}\ A.$$

Определяем ток в неразветвленной части цепи как сумму токов в ветвях I_2 и I_3:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = 13{,}1 - j9{,}17 + (-9{,}82 + j6{,}88) = 3{,}28 - j2{,}29 A.$$

Как видно из результатов вычислений, закон Кирхгофа выполняется.

7. Определяем мощность всей цепи, мощности во всех ветвях цепи и составляем баланс мощностей:

$$\dot{P}_{общ} = \dot{U} \cdot I_1^* = 100e^{j45^\circ} \cdot 4e^{j35^\circ} = 400e^{j180^\circ} = 400\cos(80^\circ) + j400\sin(80^\circ) = 69{,}4 + j394\ BA.$$

$$\dot{P}_{1R} = \dot{U}_{12} \cdot I_1^* = 16e^{-j35^\circ} \cdot 4e^{j35^\circ} = 64e^{j0^\circ} = 64\cos(0^\circ) + j64\sin(0^\circ) = 64\ Bm.$$

$$\dot{P}_{2X_L} = \dot{U}_{23} \cdot I_2^* = 96e^{j55^\circ} \cdot 16e^{j35^\circ} = 1536e^{j90^\circ} = 1536\cos(90^\circ) + j153\sin(90^\circ) = j1536\ вар.$$

$$\dot{P}_{2X_C} = \dot{U}_{23} \cdot I_3^* = 96e^{j55^\circ} \cdot 12e^{-j145^\circ} = 1152e^{-j90^\circ} = 1152\cos(-90^\circ) + j11526\sin(-90^\circ) = -j1152\ вар.$$

Составляем баланс мощностей:

$$\dot{P}_{общ} = \dot{P}_{1R} + \dot{P}_{2X_L} + \dot{P}_{3X_C}$$

$$69{,}4 + j394 = 64 + j1536 - j1152$$

$$69{,}4 + j394 \approx 64 + j384$$

Баланс мощностей сходится, следовательно, задача решена верно. Построим векторные диаграммы. Запишем показательные формы всех токов и напряжений, найденных в ходе решения задачи.

$$\dot{I}_1 = 4e^{-j35^\circ} A.$$

$$\dot{I}_2 = 16e^{-j35^\circ} A.$$

$$\dot{I}_3 = 12e^{j145^\circ} A.$$

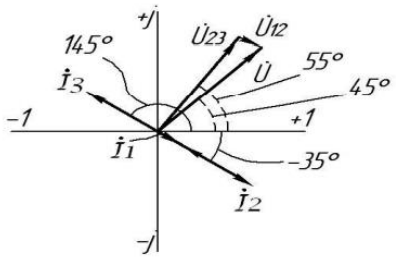
$$\dot{U} = 100e^{j45^\circ} B.$$

$$\dot{U}_{12} = 16e^{-j35^\circ} B.$$

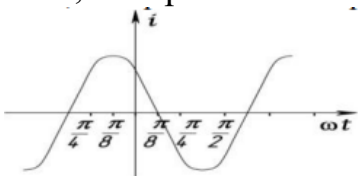
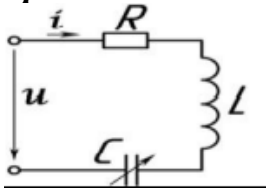
$$\dot{U}_{23} = 96e^{j55^\circ} B.$$

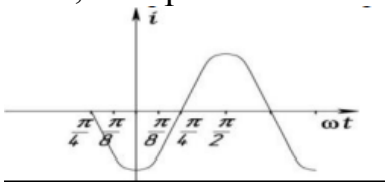
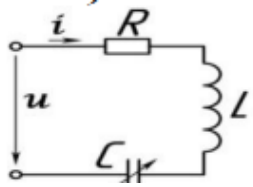
Сначала на комплексной плоскости строим векторную диаграмму токов. Затем строим векторную диаграмму напряжений, откладывая

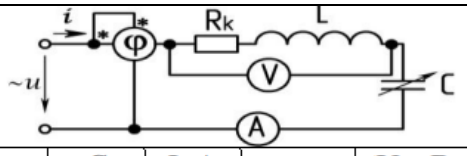
сначала вектора напряжений U_{12} и U_{23} и получая путем их сложения вектор напряжения U.



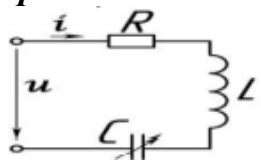
Примеры тестовых заданий

Вопрос	Варианты ответа (выберите правильный ответ или впишите правильный ответ)
Определите начальную фазу переменного тока, изображенного на графике. 	1. π/6. 2. –π/6. 3. 0. 4. π/2
Конденсатор емкостью 100 мкФ включен в сеть переменного тока частотой 50 Гц. Емкостное сопротивление равно…	1. $X_C = 0,637$ *Ом.* 2. $X_C = 0,318$ *Ом.* 3. $X_C = 3180$ *мОм.* 4. $X_C = 31,8$ *Ом.*
В цепи с сопротивлением $R = 10$ Ом протекает ток $i = 2,82\sin(\omega t - 30^\circ)$, тогда амплитудное значение напряжения U и угол сдвига фаз между током и напряжением равны…	1. $U = 28,2$ В, φ=0. 2. $U = 28,2$ В, φ=-30°. 3. $U = 20$ В, φ=0. 4. $U = 20$ В, φ=-30°.
При резонансе напряжений максимального значения могут достигать ***(укажите два правильных ответа) …*** 	1.Ток I в цепи. 2.Полное сопротивление Z цепи. 3.Напряжение на катушке индуктивности U_K. 4.Активное сопротивление R
В идеализированной цепи $u = 100\sin\omega t$. Чему равно действующее значение самоиндукции ε_L? *(Ответ округлить до*	____ В.

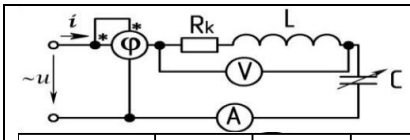
целых)	
Определите начальную фазу переменного тока, изображенного на графике 	1. 0. 2. π/2 3. π/4. 4. –π/4.
Период синусоидального тока T составляет 0,002 с, тогда частота f составит …	1. 314 Гц. 2. 2000 Гц. 3. 0,002 Гц. 4. 500 Гц
Индуктивность обмотки электромагнитного реле составляет 100 мГн. Индуктивное сопротивление этого реле при частоте 50 Гц равно …	1. $X_L = 9,42$ Ом. 2. $X_L = 31,4$ Ом. 3. $X_L = 106$ Ом. 4. $X_L = 0,106$ Ом.
При резонансе напряжений максимального значения могут достигать (укажите два правильных ответа) … 	1. Реактивная мощность P_{XC} 2.Полное сопротивление Z цепи. 3.Активная мощность P_R 4.Реактивная мощность P_X
В приведенной на цепи путем изменения емкости конденсатора С добились резонанса напряжений. При резонансе напряжений напряжение на входе цепи $U = 40B = const, f = 50\ Гц.$	_____ Ом.

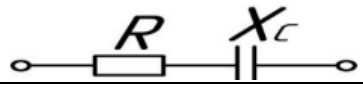
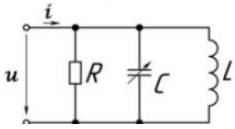
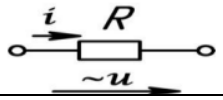
<table>
<tr>
<td>


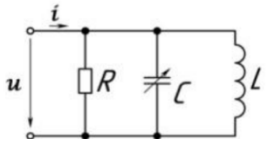
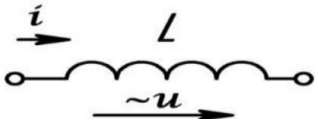
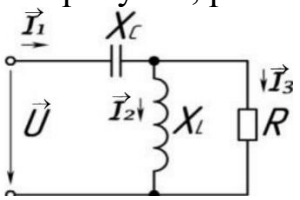
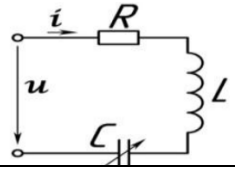
<table>
<tr><th>№ опыта</th><th>C</th><th>I, A</th><th>φ, град.</th><th>U_C, B</th></tr>
<tr><td>1</td><td>C1</td><td>0,7</td><td>45°</td><td>45</td></tr>
<tr><td>2</td><td>C2</td><td>2,5</td><td>0</td><td>145</td></tr>
<tr><td>3</td><td>C3</td><td>0,7</td><td>-45°</td><td>112</td></tr>
</table>
Для приведенной цепи в режиме резонанса напряжений определить активное сопротивление катушки
R ____ Ом.
</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Полное сопротивление Z приведенной цепи при $R = 6\ Ом$ и $X_L = 8\ Ом$ равно …

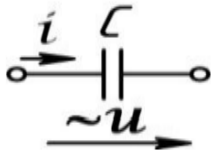
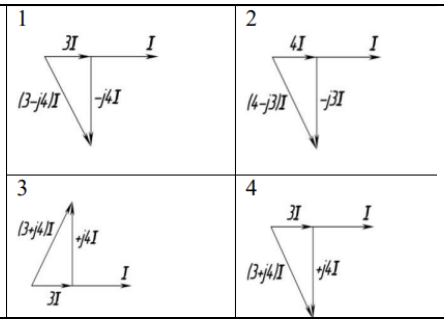
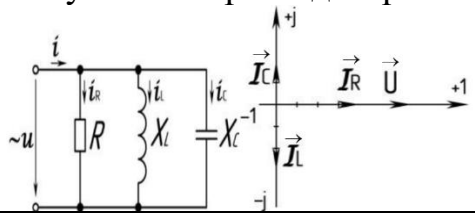
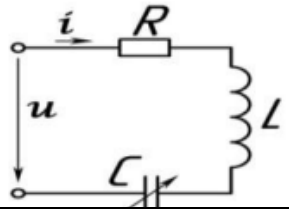

</td>
<td>1. $6+j8$ Ом.
2. 14 Ом.
3. 10 Ом.
4. $6-j8$ Ом</td>
</tr>
<tr>
<td>Угловая частота ω при частоте синусоидального тока f, равной 100 $Гц$, составит …</td>
<td>1. 628 $с^{-1}$.
2. 100 $с^{-1}$.
3. 0,01 $с^{-1}$.
4. 314 $с^{-1}$.</td>
</tr>
<tr>
<td>В цепи напряжение $\dot{U} = 10e^{j40^\circ}$, а ток $\dot{I} = 4e^{j40^\circ}$, тогда полная мощность цепи $\dot{P}$ равна …</td>
<td>1. $\dot{P} = 40e^{j80^\circ}\ ВА.$
2. $\dot{P} = 40e^{j0^\circ}\ ВА.$
3. $\dot{P} = 40e^{j40^\circ}\ ВА.$
4. $\dot{P} = 40e^{j-40^\circ}\ ВА.$</td>
</tr>
<tr>
<td>При резонансе напряжений минимального значения могут достигать (укажите два правильных ответа) …


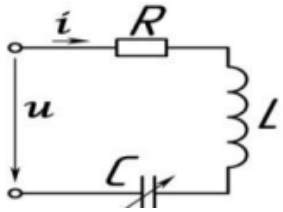
</td>
<td>1.Полное сопротивление Z цепи.
2.Реактивное сопротивление X
3.Ток I в цепи.
4.Напряжение на катушке индуктивности U_K.</td>
</tr>
<tr>
<td>В приведенной на цепи путем изменения емкости конденсатора С добились резонанса напряжений. При резонансе напряжений напряжение на входе цепи $U = 40\ В = const, f = 50\ Гц.$</td>
<td>_____ мкФ.</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>


<table>
<tr><th>№ опыта</th><th>C</th><th>I, A</th><th>φ, град.</th><th>U_C, B</th></tr>
<tr><td>1</td><td>C1</td><td>0,7</td><td>45°</td><td>45</td></tr>
<tr><td>2</td><td>C2</td><td>2,5</td><td>0</td><td>145</td></tr>
<tr><td>3</td><td>C3</td><td>0,7</td><td>-45°</td><td>112</td></tr>
</table>
Для приведенной цепи в режиме резонанса напряжений определить емкость конденсатора _____ мкФ.
</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Полное сопротивление Z приведенной цепи при $R = 3\ Ом$ и $X_C = 4\ Ом$ равно …

</td>
<td>1. 3+j4 Ом.
2. 7 Ом.
3. 5 Ом.
4. 3−j4 Ом</td>
</tr>
<tr>
<td>Амплитудное значение тока $i = 2,42\sin(\omega t - 10^\circ)$равно …</td>
<td>1. 3,41 А.
2. 1,71 А.
3. 2,42 А.
4. –10 А</td>
</tr>
<tr>
<td>Сопротивления каких элементов являются активными?</td>
<td>1. Емкостных.
2. Индуктивных.
3. Нелинейных
4. Резистивных.</td>
</tr>
<tr>
<td>При резонансе токов минимального значения могут достигать (укажите два правильных ответа) …

</td>
<td>1.Ток I в неразветвленной части цепи.
2.Напряжение на катушке индуктивности.
3.Полное сопротивление Z цепи.
4.Полная проводимость Y цепи</td>
</tr>
<tr>
<td>В изображенной цепи угол сдвига фаз между током и напряжением φ равен …

</td>
<td>1. π .
2. 0.
3.$\pi / 2$.
4.$-\pi / 2$</td>
</tr>
<tr>
<td>Действующее значение переменного тока в сети составляет 127 B, тогда его амплитудное значение равно …</td>
<td>1. 380 В.
2. 535 В.
3. 127 В.
4. 220 В.</td>
</tr>
</table>

Какое из приведенных выражений для цепи синусоидального тока, состоящей из последовательно соединенных элементов *R, L, C,* содержит ошибку?	1. $X_L = 2\pi fL$. 2. $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ 3. $X_C = 2\pi fC$ 4. $\omega = 2\pi / T$
При резонансе токов максимального значения могут достигать ***(укажите два правильных ответа) …*** 	1. Ток в катушке индуктивности I_L. 2. Полное сопротивление Z цепи. 3. Ток I в неразветвленной части цепи. 4. Полная проводимость Y цепи
В изображенной цепи угол сдвига фаз между током и напряжением φ равен … 	1. 0 2. $\pi / 2$ 3. π 4. $-\pi / 2$
Если $R = X_L = 10$ *Ом*, $X_C = 5$ *Ом*, общее комплексное сопротивление $\dot{Z}$ цепи, приведенной на рисунке, равно … 	1. 5-*j*10. 2. 5. 3. 5+*j*10. 4. Для ответа недостаточно данных
К цепи приложено напряжение 10 *В*. Ток, протекающий по цепи, $\dot{I} = 20 - j5A$, тогда полная мощность цепи …	1. 200 – *j*50 *ВА*. 2. 2 + *j*0.05 *ВА*. 3. 200 + *j*50 *ВА*. 4. Для ответа недостаточно данных
При резонансе напряжений в цепи равны между собой ***(укажите два правильных ответа) …*** 	1. U_R и U_L 2. U_L и U_C 3. U и U_R 4. U_R и U_C

В изображенной цепи угол сдвига фаз между током и напряжением φ равен … 	1.0. 2. $-\pi / 2$. 3. $\pi / 2$. 4. π.
Приведенной цепи при $R = 3\ Ом,\ X_L = 4\ Ом$ соответствует векторная диаграмма … 	
Для приведенной цепи представлена векторная диаграмма токов и напряжения. Какие соотношения сопротивлений цепи соответствуют векторной диаграмме? 	1. $X_L < R, X_C < R.$ 2. $X_L > R, X_C > R.$ 3. $X_L > X_C, X_C < R.$ 4. $X_L < X_C, X_L < R.$
При резонансе напряжений в цепи равны между собой ***(укажите два правильных ответа) …*** 	1. U_R и U_C 2. U_L и U_R 3. U_L и U_C 4. $f_Г = f_0$
Резонансная частота f_0 для данной цепи определяется выражением 	1. $f_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}.$ 2. $f_0 = \dfrac{2\pi}{\sqrt{LC}}.$ 3. $f_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$ 4. $f_0 = \dfrac{\sqrt{LC}}{2\pi}.$
При резонансе напряжений в цепи равны между собой ***(укажите два правильных ответа) …***	1. Z и R 2. Z и X 3. R и X 4. X_L и X_C

	
Режим резонанса можно получить путем изменения ***(укажите неправильный ответ)…***	1.Частоты питающего напряжения. 2.Питающего напряжения. 3.Индуктивного сопротивления X_L. 4.Емкостного сопротивления X_C.
Катушка с сопротивлением R и индуктивностью L подключены к источнику синусоидального напряжения, амплитуда которого неизменна, а частота может изменяться. К уменьшению тока приведет (укажите два правильных ответа) …	1. Увеличение активного сопротивления R 2. Уменьшение активного сопротивления R 3. Увеличение частоты f 4. Уменьшение индуктивности L
Комплексное сопротивление Z при $R = 4\ Ом$ и $X_C = 3\ Ом$ изображенной цепи составит … 	1.$7 Ом$. 2.$4 - j3\ Ом$. 3.$4 + j3\ Ом$. 4.$5 Ом$.
Мгновенное значение тока $i = 6\sin(628t - \pi)$. Верно, что его ***(укажите два правильных ответа) …***	1.действующее значение тока $I = 6\sqrt{2}A$; 2.частота 60 $Гц$; 3.комплексная амплитуда $I_m = -6A$; 4.период T=0,01 $с$
В приведенной цепи напряжение на входе совпадает по фазе с током в неразветвленной части цепи (φ=0) при условии, что … 	1.$B_L > B_C$. 2.$B_L = B_C$. 3.$B_C = R$. 4.$B_L < B_C$.

При $f = 50$ *Гц* и L=0,1 *Гн* комплексное сопротивление идеального индуктивного элемента Z_L равно …	1. $31,4$ *Ом.* 2. $j31,4$ *Ом.* 3. $-31,4$ *Ом.* 4. $31,4e^{-j\frac{\pi}{2}}$
При напряжении *u=200sin314t* и величине $X_c = 100$ *Ом,* действующее значение тока *i(t)* равно …	1. 1,41 2. 0,707 3. 4 4. 2
К цепи приложено напряжение 10 В. Ток, протекающий по цепи, $\dot{I} = 20 - j5$ А, тогда полная мощность цепи ***(укажите два правильных ответа) …***	1. $P = 200$ *Вт.* 2. $P = 250$ *ВА.* 3. $\dot{P} = 200 - j50$ *ВА.* 4. $P_X = 50$ *вар.*

Расчет электрических цепей трехфазного синусоидального тока.

Задача № 15. К трехфазной цепи линейным напряжением 220 В подключена нагрузка: $R_A = 4$ *Ом*, $X_B = 6$ *Ом*, $X_C = 8$ *Ом* (рис. 35). Определить фазные напряжения, токи в каждой фазе и в нейтральном проводе.

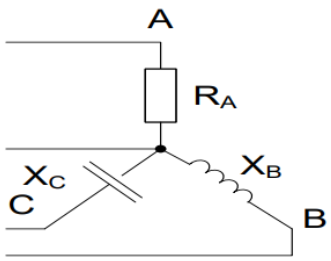


Рис. 35

Решение.

1. Запишем в комплексной форме сопротивления фаз нагрузки:

$$\dot{Z}_A = R = 4\,Ом.$$

$$\dot{Z}_B = jX_L = j6 = 6e^{j90^\circ}\,Ом.$$

$$\dot{Z}_C = -jX_C = -j8 = 8e^{-j90^\circ}\,Ом.$$

2. Определим фазные напряжения электрической цепи:

$$\dot{U}_A = \frac{U_{A_Л}}{\sqrt{3}} = \frac{220}{\sqrt{3}} = 110\ B.$$

$$\dot{U}_B = \frac{U_{B_Л}}{\sqrt{3}} = \frac{220e^{-j120^\circ}}{\sqrt{3}} = 110e^{-j120^\circ}\ B.$$

$$\dot{U}_C = \frac{U_{C_Л}}{\sqrt{3}} = \frac{220e^{-j120^\circ}}{\sqrt{3}} = 110e^{-j120^\circ}\ B.$$

3. Определим фазные (линейные) токи электрической цепи:

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_{A_ф}}{\dot{Z}_A} = \frac{110}{4} = 27,5\ A.$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{U}_{B_ф}}{\dot{Z}_B} = \frac{110e^{-j120^\circ}}{6e^{j90^\circ}} = 18,3e^{-j210^\circ}\ A = 18,3\cos(-210^\circ) + j18,3\sin(-210^\circ) =$$

$$= 15,8 + j9,15\ A.$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_{C_ф}}{\dot{Z}_C} = \frac{110e^{j120^\circ}}{8e^{-j90^\circ}} = 13,75e^{j210^\circ}\ A = 13,75\cos(210^\circ) + j13,75\sin(210^\circ) =$$

$$= -11,9 - j6,88\ A.$$

4. Определим ток в нейтральном проводе:

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 27,5 - 15,8 + j9,15 - 11,9 - j6,88 = -0,2 - j2,27\ A = 2,27e^{j265^\circ}\ A.$$

Задача № 16. К трехфазной сети с фазным напряжением $U_ф = 220\ B$ подключена нагрузка, соединенная по схеме «треугольник». Во всех фазах нагрузка имеет чисто индуктивный характер. Известны фазные токи приемника:

$$\dot{I}_{ab} = 44e^{-j53^\circ}\ A,\ \dot{I}_{ac} = 22e^{-j240^\circ}\ A,\ \cos\varphi_{AB} = 0,6,\ \cos\varphi_{BC} = 1,$$

$$\cos\varphi_{CA} = 0,8,\ \sin\varphi_{AB} = 0,8,\ \sin\varphi_{BC} = 0,\ \sin\varphi_{CA} = 0,6.$$

Определить активную, реактивную, полную мощности каждой фазы двумя способами.

Составить баланс мощностей.

Решение.

Так как нагрузка несимметричная, необходимо рассчитать мощность каждой фазы.

Определяем активную мощность каждой фазы:

$$P_{RAB} = U_{AB} I_{AB} \cos\varphi_{AB} = 220 \cdot 44 \cdot 0,6 = 5808 \text{ Вт.}$$
$$P_{RBC} = U_{BC} I_{BC} \cos\varphi_{BC} = 220 \cdot 22 \cdot 1 = 4840 \text{ Вт.}$$
$$P_{RCA} = U_{CA} I_{CA} \cos\varphi_{CA} = 220 \cdot 22 \cdot 0,8 = 3872 \text{ Вт.}$$
$$\sum P = P_{RAB} + P_{RBC} + P_{RCA} = 5808 + 4840 + 3872 = 14520 \text{ Вт.}$$

Определяем реактивную мощность каждой фазы:

$$P_{XAB} = U_{AB} I_{AB} \sin\varphi_{AB} = 220 \cdot 44 \cdot 0,8 = 7744 \text{ Вар.}$$
$$P_{XBC} = U_{BC} I_{BC} \sin\varphi_{BC} = 220 \cdot 22 \cdot 0 = 0 \text{ Вар.}$$
$$P_{XCA} = U_{CA} I_{CA} \sin\varphi_{CA} = 220 \cdot 22 \cdot 0,6 = 2904 \text{ Вар.}$$
$$\sum P = P_{XAB} + P_{XBC} + P_{XCA} = 7744 + 0 + 2904 = 10648 \text{ Вар.}$$

Определяем полную мощность трехфазной цепи:

$$\dot{P}_{общ} = \sum P_R + \sum P_X = 14520 + j10648 \; BA.$$

Определяем полную мощность каждой фазы:

$$\dot{P}_{AB} = \dot{U}_{AB} \cdot I^*_{AB} = 220e^{j0^\circ} \cdot 44e^{j53^\circ} = 9680e^{j53^\circ} = 9680\cos(53^\circ) + j9680\sin(53^\circ) =$$
$$= 5825,6 + j7730,8 \, BA.$$
$$\dot{P}_{BC} = \dot{U}_{BC} \cdot I^*_{BC} = 220e^{-j120^\circ} \cdot 22e^{-j240^\circ} = 4400e^{j0^\circ} = 4400\cos(0^\circ) + j4400\sin(0^\circ) =$$
$$= 4400 \, BA.$$
$$\dot{P}_{CA} = \dot{U}_{CA} \cdot I^*_{CA} = 220e^{j1200^\circ} \cdot 22e^{-j83^\circ} = 4400e^{j37^\circ} = 4400\cos(37^\circ) + j4400\sin(37^\circ) =$$
$$= 3514 + j2648 \, BA.$$

Составляем баланс мощностей:

$$\dot{P}_{общ} = \dot{P}_{AB} + \dot{P}_{BC} + \dot{P}_{CA} = 5825,6 + j7730,8 + 4400 + 3514 + j2648 =$$
$$= 13740 + j10380 BA.$$

$$14520 + j10648 \approx 13740 + j10380$$

Баланс сошел с учетом погрешностей, следовательно, задача решена правильно.

Задача № 17. В трехфазную сеть с линейным напряжением $U_{Л} = 220\ B$ включен звездой приемник, активное, индуктивное и емкостное сопротивление фаз которого равны: $r = x_L = x_C = 10\ Ом$ (рис. 36). Определить напряжение смещения нейтрали U_N. Построить векторную диаграмму.

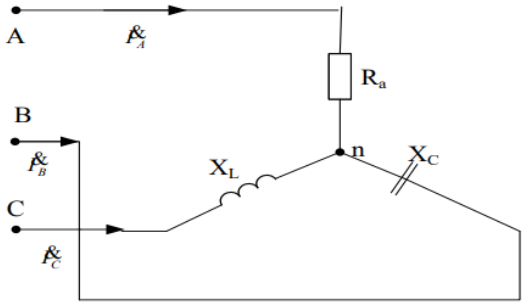


Рис. 36

Решение.

Определяем фазные напряжения источника питания:

$$U_{ф} = U_{Л} / \sqrt{3} = 220 / 1{,}73 = 110\ B.$$

$$\dot{U}_A = 110 B.$$

$$\dot{U}_B = 110 e^{-j120^{\circ}} = (-55 - j95) B.$$

$$\dot{U}_C = 110 e^{j120^{\circ}} = (-55 + j95) B.$$

Рассчитываем комплексы фазных сопротивлений нагрузки:

$$\dot{Z}_{ф} = R_{ф} \pm jX_{ф}$$

$$\dot{Z}_a = R_a = 10\ Ом.$$

$$\dot{Z}_{â} = -jX_{â} = -j10\ Ом.$$

$$\dot{Z}_C = \pm jX_C = \pm j10\ Ом.$$

$$Z_N = \infty$$

Определяем проводимости ветвей приемника:

$$\dot{G}_a = \frac{1}{\dot{Z}_a} = \frac{1}{10} = 0{,}1\ См.$$

$$\dot{G}_b = \frac{1}{\dot{Z}_b} = \frac{1}{-j10} = j0{,}1 = j0{,}1e^{j90^\circ}\ См.$$

$$\dot{G}_C = \frac{1}{\dot{Z}_C} = \frac{1}{j10} = -j0{,}1 = j0{,}1e^{-j90^\circ}\ См.$$

$$\dot{G}_N = \frac{1}{\dot{Z}_N} = 0.$$

Рассчитываем напряжение между нейтральными точками приемника и источника питания или напряжение смещения нейтрали:

$$\dot{U}_N = \frac{\dot{U}_A \cdot \dot{G}_a + \dot{U}_B \cdot \dot{G}_b + \dot{U}_C \cdot \dot{G}_c}{\dot{G}_a + \dot{G}_b + \dot{G}_c + \dot{G}_N} = \frac{0{,}1 \cdot 110 + j0{,}1(-55 - j95) - j0{,}1(-55 + j95)}{0{,}1 + j0{,}1 - j0{,}1 + 0} =$$

$$= \frac{11 - j5{,}5 + 9{,}5 + j5{,}5 + 9{,}5}{0{,}1} = \frac{30}{0{,}1} = 300\ B.$$

Задача № 18. По условиям предыдущей задачи определить фазные напряжения и токи в фазах приемника, если напряжение смещения нейтрали $U_N = 300\ B.$

Решение.

Определяем фазные напряжения нагрузки:

$$\dot{U}_{AN} = \dot{U}_A - \dot{U}_N = 110 - 300 = -190\ B.$$

$$\dot{U}_{BN} = \dot{U}_B - \dot{U}_N = -55 - j95 - 300 = -355 - j95 = 367{,}5e^{j195^\circ - 360^\circ} = 367{,}5e^{-j165^\circ}\ B.$$

$$\left|U_{BN}\right| = \sqrt{355^2 + 95^2} = 367{,}5B.$$

$$\varphi_{BN} = arctg\frac{-95}{-355} = 15^\circ + 180^\circ = 195^\circ$$

$$\dot{U}_{CN} = \dot{U}_C - \dot{U}_N = -55 + j95 - 300 = -355 + j95 = 367{,}5e^{j165^\circ}\ B.$$

$$\varphi_{CN} = arctg\frac{95}{-355} = -15^\circ + 180^\circ = 165^\circ$$

Рассчитываем фазные (линейные) токи электрической цепи:

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_{AN}}{\dot{Z}_a} = \frac{-190}{10} = -19\ A.$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{U}_{BN}}{\dot{Z}_b} = \frac{367,5e^{-j165^\circ}}{10e^{-j90^\circ}} = 36,7e^{-j75^\circ}$$

$$= 36,7\cos(-75^\circ) + j36,7\sin(-75^\circ) = 9,5 - j35,4\ A.$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_{CN}}{\dot{Z}_a} = \frac{367,5e^{j165^\circ}}{10e^{j90^\circ}} = 36,7e^{j75^\circ}$$

$$= 36,7\cos(75^\circ) + j36,7\sin(75^\circ) = 9,5 + j35,4\ A.$$

Определяем ток в нейтральном проводе:

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = -19 + 9,5 - j35,4 + 9,5 + j35,4 = 0$$

Векторная диаграмма изображена на рис. 37.

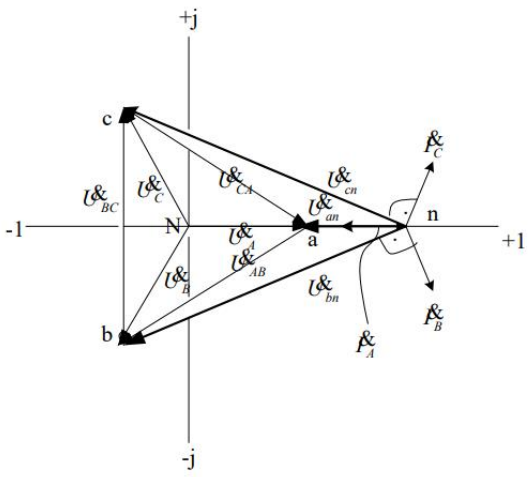
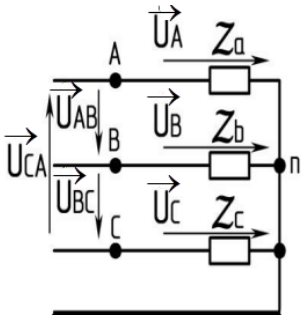
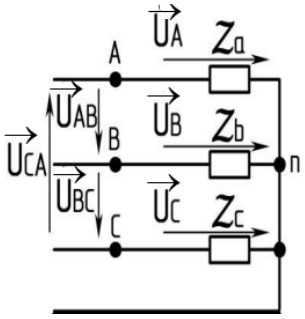
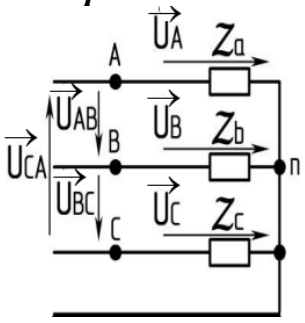
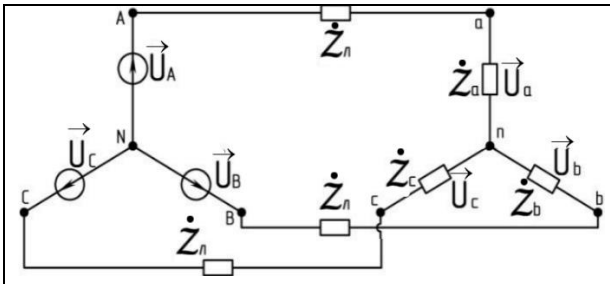
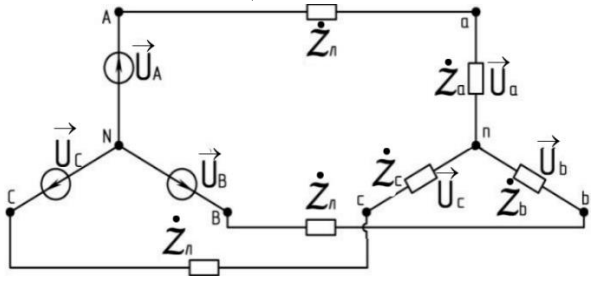
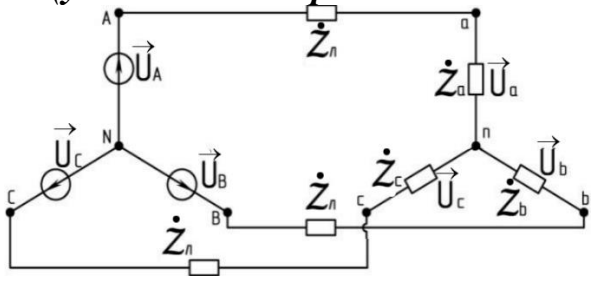


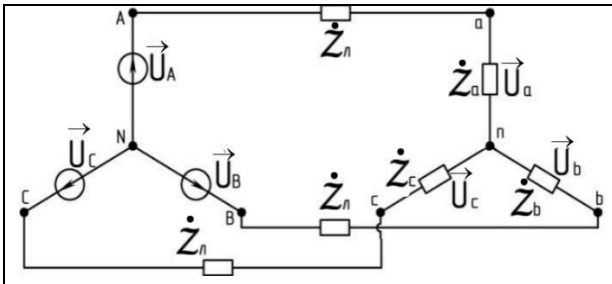
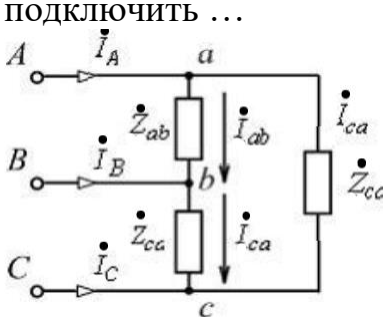
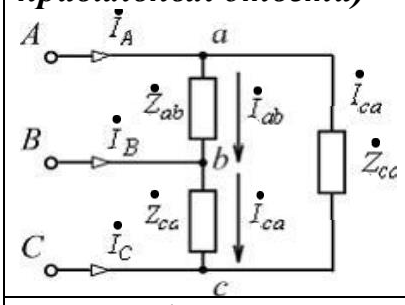
Рис. 37

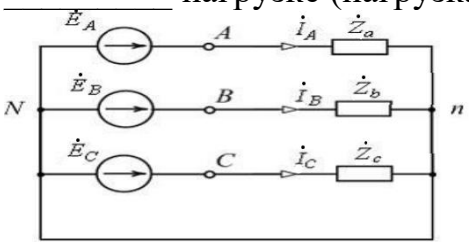
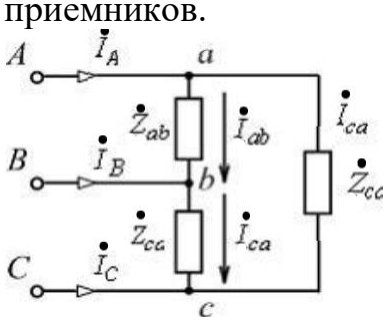
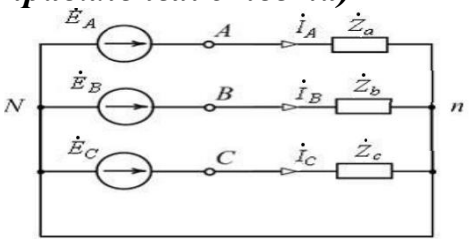
Примеры тестовых заданий

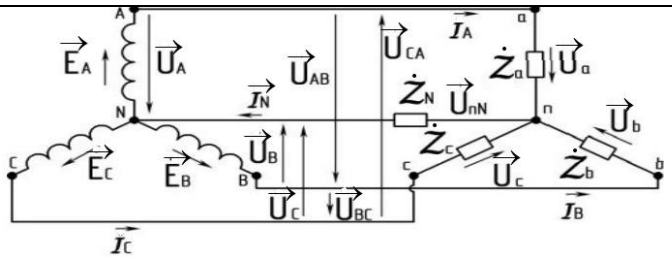
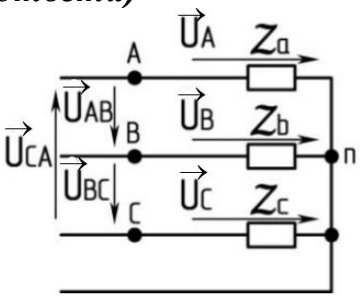
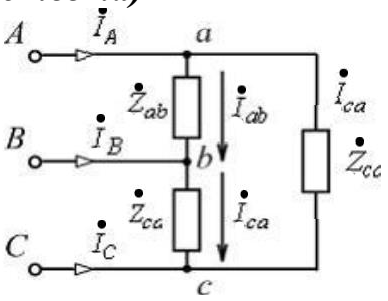
Вопрос	Варианты ответа (выберите правильный ответ или впишите правильный ответ)
В симметричной трехфазной системе напряжений прямой последовательности выполняются условия … ***(укажите два правильных ответа)***	$\dot{\varepsilon}_A = \dot{\varepsilon}_B = \dot{\varepsilon}_C.$ $\varepsilon_A = \varepsilon_B = \varepsilon_C.$ $\dot{\varepsilon}_B = \dot{\varepsilon}_A e^{-j120^\circ}$. $\dot{\varepsilon}_C = \dot{\varepsilon}_A e^{-j120^\circ}$.

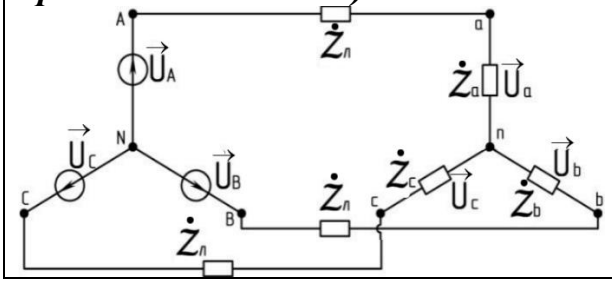
На приведенном рисунке фазы приемника соединены по схеме _____, а напряжение $\vec{U}_C$ – _____  	Треугольник, фазное. Треугольник, линейное. Звезда, фазное. Звезда, линейное
На приведенном рисунке фазы приемника соединены по схеме _____, а напряжение – $\vec{U}_{CA}$ _____ .  	Треугольник, фазное. Треугольник, линейное. Звезда, фазное. Звезда, линейное
В симметричной трехфазной цепи при соединении фаз приемника звездой $\dot{U}_a = \dot{\varepsilon}_A = 380e^{j0^\circ}$ В. Тогда верными выражениями линейного напряжения для данной цепи является … ***(укажите два правильных ответа)***  	$\dot{U}_{AB} = 380\sqrt{3}^{j30^\circ} B.$ $\dot{U}_{BC} = 380\sqrt{3}e^{-j90^\circ} B.$ $\dot{U}_{CA} = 380e^{j120^\circ} B.$ $\dot{U}_{AB} = 380^{-j120^\circ} B.$
В приведенной цепи $I_л Z_л$ называется…	Падение напряжения в линии; Линейным напряжением; Напряжением смещения нейтрали; Потерей напряжения в линии

	
Арифметическая разность напряжений в начале и конце линии является … 	Напряжением смещения нейтрали; Падением напряжения на внутреннем сопротивлении генератора; Потерей напряжения в линии; Падением напряжения в линии
Назначением нейтрального провода является …	Устранение взаимного влияния нагрузок фаз друг на друга. Выравнивающее действие на нагрузки фаз. Устранение несимметрии фазных токов. Разгрузка сети от реактивных токов
В трехфазную цепь при симметричной нагрузке, соединенной по схеме «звезда», подключили нейтральный провод (соединили точки N и n). Тогда … ***(укажите два правильных ответа)*** 	Ток в нейтральном проводе будет равен нулю. Токи в линейных поводах не изменятся. Фазное напряжение приемника уменьшится; Падение напряжения в линии станет равным нулю
Для приведенной цепи справедливы утверждения, что … *(укажите два правильных ответа)*	Фазный ток приемника равен фазному току генератора. Фазное напряжение приемника меньше фазного напряжения

	генератора. Фазный ток приемника в $\sqrt{3}$ раз меньше фазного тока генератора. Фазное напряжение приемника больше фазного напряжения генератора
По схеме треугольник можно подключить … 	Любые приемники электроэнергии (симметричные и несимметричные) Только симметричные приемники электроэнергии $\dot{Z}_{ab} = \dot{Z}_{bc} = \dot{Z}_{ca}$ Только однородные приемники электроэнергии $\varphi_{ab} = \varphi_{bc} = \varphi_{ca}$ Только равномерные приемники электроэнергии $Z_{ab} = Z_{bc} = Z_{ca}$
В симметричной трехфазной цепи при соединении фаз нагрузки треугольником выполняются следующие условия … ***(укажите два правильных ответа)*** 	Фазный ток равен линейному току. Фазное напряжение меньше линейного напряжения. Фазный ток в меньше тока линейного. Фазное напряжение равно линейному напряжению
В трехфазную сеть с линейным напряжением 220 В включают лампы накаливания с номинальным напряжением 127 В. Какова при этом схема включения ламп?	Звезда. Звезда с нейтральным проводом. Треугольник. Лампы нельзя включать в сеть с линейным напряжением 220 В

В изображенной схеме с симметричной системой ЭДС $\dot{\varepsilon}_A + \dot{\varepsilon}_B + \dot{\varepsilon}_C$ соотношение $U_Л = \sqrt{3}U_ф$ выполняется _____ нагрузке (нагрузках)  	При любых Только при симметричной $\dot{Z}_a = \dot{Z}_b = \dot{Z}_c$ Только при однородной $\varphi_a = \varphi_b = \varphi_c$ Только равномерные приемники электроэнергии $Z_a = Z_b = Z_c$
В схеме соединения треугольником соотношение $I_Л = \sqrt{3}I_ф$ выполняется ___ приемников.  	Для любых приемников Только для симметричных $\dot{Z}_{ab} = \dot{Z}_{bc} = \dot{Z}_{ca}$ Только для однородных $\varphi_{ab} = \varphi_{bc} = \varphi_{ca}$ Только для равномерных $Z_{ab} = Z_{bc} = Z_{ca}$
Напряжение смещения нейтрали равно нулю (U_{Nn}=0) при … ***(укажите два правильных ответа)***  	$\dot{Z}_N = \infty$ $\dot{Z}_a = 0, \dot{Z}_b = 0, \dot{Z}_{ca} = 0$ $\dot{Z}_a = \dot{Z}_b = \dot{Z}_c$ $\dot{Z}_N = 0$
Фазным напряжением генератора является напряжение между точками …	B и A B и b B и c B и N

	
Активную мощность приемника можно определить по формуле $P=\sqrt{3}UI\cos\varphi$, где … ***(укажите два правильных ответа)*** 	$I=\dfrac{U_Л}{\sqrt{R^2+X^2}}$ $\varphi=arctg\dfrac{X}{R}$ $\dot{U}_{ab}=\dot{U}_{bc}=\dot{U}_{ca}=U$ $\dot{U}_{an}=\dot{U}_{bn}=\dot{U}_{cn}=U$
При отключении фазы *ab* не изменятся токи … ***(укажите два правильных ответа)*** 	I_{ca} I_C I_A I_{ab}
Симметричный трехфазный приемник с $\dot{Z}_ф=10e^{j30^\circ}\,Ом$ включен треугольником в трехфазную сеть с $U_Л=220\,В$. Верно определены токи … ***(укажите два правильных ответа)***	$I_Ф=22\,А$ $I_Ф=12,7\,А$ $I_Л=22\,А$ $I_Л=38\,А$
Если произойдет обрыв одной из фаз приемника при несимметричной нагрузке, то … ***(укажите два***	Напряжение на оборванной фазе уменьшится Токи в неповрежденных фазах

правильных ответа) 	уменьшатся Напряжение смещения нейтрали не станет равным нулю $\left(U_{Nn} \neq 0\right)$ Токи во всех фазах приемника будут равны нулю

ТЕМА 3. Электрические машины и трансформаторы

1) Трансформаторы

При подготовке к экзамену по первому разделу темы № 3 «Трансформаторы» необходимо знать устройство, принцип действия однофазного и трехфазного трансформаторов, основные режимы работы трансформаторов, повторить методику решения задач, касающихся расчета параметров однофазного и трехфазного трансформатора. Приведем примеры решения ряда задач по данной теме.

Задача № 19. Определить коэффициент трансформации k_m трансформатора, число витков первичной обмотки W_1, номинальные токи $I_{1ном}$ и $I_{2ном}$ в обмотках однофазного трансформатора с номинальной мощностью $P_{1ном} = 3\ кВА,$ подключенного к питающей сети с напряжением $U_{1ном} = 127\ В,$ если число витков вторичной обмотки $w_2 = 40,$ а напряжение на зажимах вторичной обмотки при холостом ходе $U_{20} = 60\ В.$

Решение.

Определяем коэффициент трансформации трансформатора, учитывая, что при холостом ходе $\varepsilon_2 = U_{20}$, а падение напряжения на первичной обмотке в данном режиме весьма незначительно, поэтому $\varepsilon_1 \approx U_1$:

$$k_T = \frac{w_1}{w_2} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{U_1}{U_{20}} = \frac{127}{60} = 2{,}11.$$

Определяем число витков первичной обмотки (считая полные

мощности обмоток $P_1 \approx P_2$):

$$w_1 = k_T w_2 = 2 \cdot 40 = 80.$$

Определяем номинальные токи первичной и вторичной обмоток:

$$I_{1ном} = \frac{P_{1ном}}{U_{1ном}} = \frac{3 \cdot 1000}{127} = 23,6 A.$$

$$I_{2ном} = \frac{P_{1ном}}{U_{20}} = \frac{3 \cdot 1000}{60} = 50 A.$$

Задача № 20. Определить коэффициент трансформации k_m и действующие значения ЭДС ε_1 и ε_2 обмоток однофазного трансформатора при частоте *f*=100 Гц, если площадь поперечного сечения магнитопровода $S_c = 4$ см^2. Амплитудное значение магнитной индукции $B_m = 1\ Тл$, число витков первичной и вторичной обмоток трансформатора соответственно: $w_1 = 250,\ w_2 = 1250.$

Решение.

Определяем коэффициент трансформации трансформатора:

$$k_T = \frac{w_1}{w_2} = \frac{250}{1250} = 0,2.$$

Определяем амплитудное значение магнитного потока в сердечнике трансформатора:

$$\Phi_m = B_m S_c = 1 \cdot 4 \cdot 10^{-4} = 4 \cdot 10^{-4}\ Вб.$$

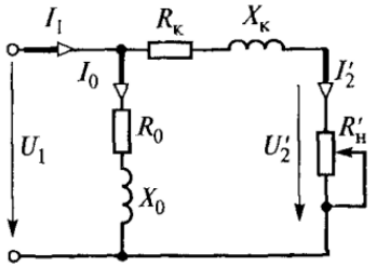
Действующие значения ЭДС, наводимых в обмотках трансформатора:

$$\varepsilon_1 = 4,44\, f w_1 \Phi_m = 4,44 \cdot 100 \cdot 250 \cdot 4 \cdot 10^{-4} = 44,4 B.$$

$$\varepsilon_2 = 4,44\, f w_2 \Phi_m = 4,44 \cdot 100 \cdot 1250 \cdot 4 \cdot 10^{-4} = 222 B.$$

Задача № 21. Определить параметры упрощенной (Г-образной) схемы замещения трансформатора (рис. 38) с номинальной мощностью $P_{1ном} = 50$ кВА, а именно $Z_0, R_0, X_0, Z_{k,} R_k, X_k$. Обмотки трансформатора соединены по схеме «звезда-звезда», номинальные линейные напряжения

первичной и вторичной обмоток $U_{1ном} = 6000\ B$ и $U_{2ном} = 525\ B$, частота питающего напряжения $f = 50\ Гц$, ток холостого хода, мощность холостого хода $P_0 = 0,35$ кВт, мощность короткого замыкания $P_к = 0,325$ кВт, напряжение короткого замыкания $u_к = 5,5\%$.



Решение.

Определяем номинальные фазные (линейные) токи первичной и вторичной обмоток трансформатора:

$$I_{1ном} = \frac{P_{1ном}}{\sqrt{3}U_{1ном}} = \frac{50 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 6000} = 4,82\ A.$$

$$I_{2ном} = \frac{P_{1ном}}{\sqrt{3}U_{2ном}} = \frac{50 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 525} = 55\ A.$$

Рассчитываем номинальные фазные напряжения трансформатора:

$$U_{1фном} = \frac{U_{1ном}}{\sqrt{3}} = \frac{6000}{\sqrt{3}} = 3460\ B.$$

$$U_{2фном} = \frac{U_{2ном}}{\sqrt{3}} = \frac{525}{\sqrt{3}} = 303\ B.$$

Определяем ток холостого хода трансформатора:

$$I_0 = \frac{7\%}{100\% I_{1ном}} = 0,07 \cdot 4,82 = 0,338\ A.$$

Рассчитываем активное сопротивление намагничивающей цепи Г-образной схемы замещения:

$$R_0 = \frac{P_0}{3I_0^2} = \frac{350}{3 \cdot 0,338^2} = 1024 Ом$$

Сопротивления намагничивающей цепи:

полное

$$Z_0 = \frac{U_{1фном}}{l_0} = \frac{3460}{0,338} = 10250 Ом.$$

индуктивное

$$X_0 = \sqrt{Z_0{}^2 + R_0{}^2} = \sqrt{10250^2 + 1024^2} = 10199 Ом.$$

Сопротивления короткого замыкания трансформатора:

полное $Z_K = \frac{U_{K\%} U^2_{1ном}}{100\% S_{1ном}} = \frac{5,5\% \cdot 6000^2}{100\% \cdot 50000} = 39,6\ Ом.$

активное $R_K = \frac{P_K}{3 l^2_{1ном}} = \frac{325}{3 \cdot 4,82^2} = 4\ Ом.$

индуктивное $X_K = \sqrt{Z_K{}^2 + R_K{}^2} = \sqrt{39,6^2 + 4^2} = 39,5\ Ом.$

Задача № 22. Определить коэффициент трансформации k_T, сопротивления Z_k, R_k, X_k, сопротивления R_1, R_2, X_1, X_2, трехфазного трансформатора с номинальной мощностью $P_{1ном} = 20$ кВА. Обмотки трансформатора соединены по схеме «звезда-звезда», номинальные линейные напряжения первичной и вторичной обмоток $U_{1ном} = 6000\ B$ и $U_{2ном} = 400\ B$, частота питающего напряжения *f*=50 Гц, мощность холостого хода $P_0 = 180$ Вт, мощность короткого замыкания $P_к = 600$ Вт, напряжение короткого замыкания $u_к = 5,5\%$.

Решение.

Определяем коэффициент трансформации трансформатора:

$$k_T = \frac{U_1}{U_2} = \frac{6000}{400} = 15.$$

Рассчитываем номинальные токи:

$$I_{1ном} = \frac{P_{1ном}}{\sqrt{3}U_{1ном}} = \frac{20 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 6000} = 1,93A.$$

$$I_{2ном} = \frac{P_{2ном}}{\sqrt{3}U_{2ном}} = \frac{20 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 29A.$$

Определяем номинальные фазные напряжения трансформатора:

$$U_{1ном} = \frac{U_{1ном}}{\sqrt{3}} = \frac{6000}{\sqrt{3}} = 3460B.$$

$$U_{2ном} = \frac{U_{2ном}}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230B.$$

Рассчитываем активные сопротивления трансформатора:

короткого замыкания

$$R_K = \frac{P_K}{3I_{1ном}^2} = \frac{600}{3 \cdot 1,93^2} = 53,7 \ Ом$$

первичной обмотки

$$R_1 = R_2' = \frac{R_K}{2} = \frac{53,7}{2} = 28,5 \ Ом$$

вторичной обмотки

$$R_2 = \frac{R_2'}{k_T^2} = \frac{28,5}{15^2} = 0,12 \ Ом.$$

Рассчитываем индуктивные сопротивления трансформатора:

полное

$$Z_K = \frac{U_{K\%}U_{1фном}^2}{100\%I_{1ном}} = \frac{5,5\% \cdot 3460^2}{100\% \cdot 1,93} = 99 \ Ом.$$

индуктивное

$$X_K = \sqrt{Z_K{}^2 - R_K{}^2} = \sqrt{99^2 - 30,9^2} = 94,05 \ Ом.$$

первичной обмотки

$$X_1 = X_2' = \frac{X_K}{2} = \frac{94,05}{2} = 47 \ Ом.$$

вторичной обмотки

$$X_2 = \frac{X_2'}{k_T^2} = \frac{47}{15^2} = 0,21 \ Ом.$$

Примеры тестовых заданий

Вопрос	Варианты ответа (выберите правильный ответ или впишите правильный ответ)
Номинальная мощность понижающего трансформатора для присоединения к сети 35 кВ трехфазного электродвигателя, работающего при номинальном линейном напряжении 6,3 кВ, токе 500 и $\cos\varphi = 0,8,$ равна ____ кВА.	5456 4368 4460 7566
Трансформатор – это статическое электромагнитное устройство, имеющее не менее двух индуктивно связанных обмоток, предназначенное для …	преобразования переменных напряжений и токов при передаче электроэнергии от источника к потребителю повышения мощности, передаваемой от источника электрической энергии к потребителю улучшения формы электрических сигналов, передаваемых от источников к приемникам понижения мощности, передаваемой от источника электрической энергии к приемнику
Если число витков первичной обмотки трансформатора $w_1 = 1000,$ а число витков вторичной обмотки $w_2 = 200,$ определите коэффициент трансформации.	5 2000 0,2 Для ответа недостаточно данных

Действующее значение ЭДС, индуцируемых в обмотках трансформатора, определяются по формулам	$\varepsilon_1 = 4,44\, f w_1 s B_m; \varepsilon_2 = 4,44\, f w_2 s B_m;$ $\varepsilon_1 = f w_1 s B_m; \varepsilon_2 = f w_2 s B_m;$ $\varepsilon_1 = 4,44\, f w_1 B_m; \varepsilon_2 = 4,44\, f w_2 B_m;$ $\varepsilon_1 = 4,44\, f w_1 s; \varepsilon_2 = 4,44\, f w_2 s;$ Или может быть другой вариант ответов $\varepsilon_1 = 4,44\, f w_1 \Phi_m; \varepsilon_2 = 4,44\, f w_2 \Phi_m;$ $\varepsilon_1 = f w_1 s B_m; \varepsilon_2 = f w_2 s B_m;$ $\varepsilon_1 = 4,44\, f w_1 B_m; \varepsilon_2 = 4,44\, f w_2 B_m;$ $\varepsilon_1 = 4,44\, f w_1 s; \varepsilon_2 = 4,44\, f w_2 s;$
Сердечник трансформатора выполняется из электротехнической стали для …	увеличения магнитной связи между обмотками трансформатора уменьшения магнитной связи между обмотками трансформатора для увеличения потерь на гистерезис для уменьшения токов Фуко или вихревых токов
Сердечник трансформатора изготавливают из тонких листов электротехнической стали	для уменьшения токов Фуко или вихревых токов для снижения потерь на гистерезис для уменьшения веса трансформатора для уменьшения размеров трансформатора
Для уменьшения потерь на гистерезис в сердечнике трансформатора его изготавливают из	магнитомягкого материала магнитотвердого материала диамагнетика парамагнетика
К активным элементам конструкции силового трансформатора относятся …	Магнитопровод и обмотки Бак с радиатором Расширитель и выхлопная труба Трубчатый охладитель с вентилятором
Коэффициент трансформации однофазного трансформатора равен отношению …	Числа витков первичной обмотки к числу витков вторичной обмотки числа витков обмотки низшего напряжения к числу витков обмотки высшего напряжения тока обмотки высшего напряжения к току обмотки низшего напряжения тока холостого хода к номинальному току

Коэффициент трансформации однофазного трансформатора равен отношению …	ЭДС обмотки высшего напряжения к ЭДС обмотки низшего напряжения числа витков обмотки низшего напряжения к числу витков обмотки высшего напряжения тока обмотки высшего напряжения к току обмотки низшего напряжения тока холостого хода к номинальному току

2) Электрические машины

При подготовке к экзамену по второму разделу темы № 3 «Электрические машины» необходимо знать устройство, принцип действия машин переменного и постоянного тока, их рабочие и механические характеристики, основные режимы работы электрических машин, повторить методику решения задач, касающихся расчета параметров машин переменного и постоянного тока, выбор типа и мощности электродвигателя. Приведем примеры решения ряда задач по данной теме.

Задача № 23. Определить значения ЭДС ε_1 и ε_2, индуцируемых в фазах статора и ротора трехфазного асинхронного электродвигателя, частоту тока f_2 в роторе при номинальной нагрузке и неподвижном его состоянии. Амплитудное значение магнитного потока $\Phi_m = 15 \cdot 10^{-3}$ *Вб*, числа витков обмотки статора и ротора соответственно: $w_1 = 200,\ w_2 = 20,$ номинальное скольжение ротора $s_{ном} = 0,05,$ частота напряжения питающей сети $f_1 = 50$ *Гц*, числа фаз обмотки статора и ротора: $m_1 = m_2 = 3,$ обмоточные коэффициенты статора и ротора соответственно: $K_1 = 0,94,\ K_2 = 0,96.$

Решение.

Определяем ЭДС, индуцируемую в обмотке статора двигателя:

$$\varepsilon_1 = 4,44 K_1 f w_1 \Phi_m = 4,44 \cdot 0,94 \cdot 200 \cdot 50 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 625\ B.$$

Рассчитываем ЭДС, индуцируемую в неподвижном роторе:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon \frac{K_2 w_2 m_2}{K_1 w_1 m_1} = 625 \frac{0,96 \cdot 20 \cdot 3}{0,94 \cdot 200 \cdot 3} = 63,8 \ B.$$

Определяем ЭДС, индуцируемую в обмотке ротора при номинальной нагрузке (при номинальном скольжении ротора $S_{ном}$):

$$\varepsilon_{2s} = \varepsilon_2 s_{ном} = 0,05 \cdot 63,8 = 3,19 \ B.$$

Частота тока в роторе двигателя:

при номинальной нагрузке (при $s = s_{ном}$):

$$f_{2s} = f_1 s_{ном} = 50 \cdot 0,05 = 2,5 \ Гц;$$

при неподвижном состоянии ротора (при пуске, т.е. при $s = 1$):

$$f_{2пуск} = f_1 s_{пуск} = 50 \cdot 1 = 50 Гц;$$

Задача № 24. Определить пусковой $M_{пуск}$ и максимальный M_{max} моменты, а также пусковой ток $I_{пуск}$ асинхронного электродвигателя при напряжении на его зажимах, пониженном до 20% от номинального линейного напряжения $U_{1ном} = 380 \ B$. Номинальная мощность двигателя $P_{2ном} = 13$ кВт, номинальная частота вращения $n_{2ном} = 1450$ об/мин, кратность пускового момента $M_{пуск} / M_{ном} = 1,3$, кратность максимального момента $M_{max} / M_{ном} = 2$, кратность пускового тока при номинальном напряжении $I_{пуск} / I_{1ном} = 7$, номинальные значения: КПД $\eta_{ном} = 0,88$ и коэффициента мощности $\cos\varphi_{ном} = 0,88$.

Решение.

Номинальный момент на валу асинхронного двигателя:

$$M_{ном} = 9550 \frac{P_{2ном}}{n_{2ном}} = 9550 \frac{13}{1450} = 85,6 \ Н \cdot м.$$

Пусковой момент двигателя:

$$M_{пуск} = 1,3 M_{ном} = 1,3 \cdot 85,6 = 113,8 \ Н \cdot м.$$

Максимальный момент двигателя:

$$M_{\max} = 2M_{ном} = 2 \cdot 85,6 = 171,2\ Н \cdot м.$$

Начальный пусковой момент двигателя при пониженном напряжении:

$$M'_{пуск} = (\frac{0,8U_{1ном}}{U_{1ном}})^2 M_{пуск} = 0,64 \cdot 113,8 = 88,6\ Н \cdot м.$$

Максимальный момент двигателя при пониженном напряжении:

$$M'_{\max} = (\frac{0,8U_{1ном}}{U_{1ном}})^2 M_{\max} = 0,64 \cdot 171,2 = 109,5\ Н \cdot м.$$

Номинальный ток двигателя:

$$I_{1ном} = \frac{P_{2ном}}{\sqrt{3}U_{1ном} cos\varphi_{1ном} \eta_{ном}} = \frac{13 \cdot 1000}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,88 \cdot 0,88} = 25,4\ А.$$

Пусковой ток двигателя при номинальном напряжении:

$$I_{пуск} = 7I_{1ном} = 7 \cdot 25,4 = 178\ А.$$

Пусковой ток двигателя при пониженном напряжении (ток пропорционален приложенному напряжению *U*):

$$\frac{I'_{пуск}}{I'_{пуск}} = \frac{0,8U_{1ном}}{U_{1ном}} = 0,8, \text{откуда } I'_{пуск} = 0,8I_{пуск} = 0,8 \cdot 178 = 143\ А.$$

Задача № 25. Электродвигатель постоянного тока с параллельным возбуждением (рис. 39) имеет номинальные: полезную мощность на валу $P_{2ном} = 4,5$ кВт, питающее напряжение $U_{ном} = 220\ В$, частоту вращения $n_{ном} = 1500$ об/мин, КПД $\eta_{ном} = 80,5\%$. Сопротивление цепи якоря $R_я = 0,43\ Ом$, обмотки возбуждения $R_в = 200\ Ом$ при номинальном режиме работы. Определить сопротивление пускового реостата $R_п$ и возможность пуска электродвигателя без пускового реостата исходя из условия, что начальный пусковой ток двигателя равен двукратному номинальному значению тока, потребляемому из сети: $I_{пуск} = 2I_{1ном}$.

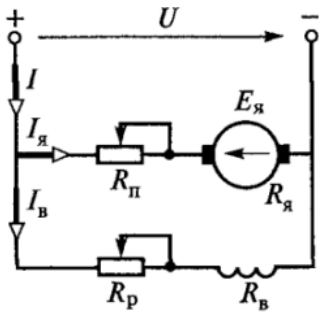


Рис. 39

Решение.

Определяем номинальный ток двигателя, потребляемый из сети:

$$I_{1ном} = \frac{P_{2ном}}{U_{ном}\eta_{ном}} = \frac{4,5 \cdot 1000}{220 \cdot 0,805} = 25,4\ A.$$

Рассчитываем:

номинальный ток возбуждения двигателя:

$$I_{B\ ном} = \frac{U_{ном}}{R_B} = \frac{220}{200} = 1,1\ A$$

номинальный ток якоря двигателя:

$$I_{яном} = I_{ном} - I_{вном} = 25,4 - 1,1 = 24,3\ A.$$

Начальный пусковой ток двигателя:

$$I_{пуск} = 2I_{1ном} = 2 \cdot 25,4 = 50,8\ A$$

Ток якоря при пуске двигателя:

$$I_я = I_{пуск} - I_{вном} = 50,8 - 1,1 = 49,7\ A.$$

Сопротивление цепи якоря двигателя при пуске, исходя из заданных условий:

$$R'_я = R_я + R_П = \frac{U_{ном}}{I_я} = \frac{220}{49,7} = 4,43\ Ом.$$

Сопротивление пускового реостата, включенного последовательно в цепь якоря двигателя при пуске:

$$R_П = R'_я - R_я = 4,43 - 1,1 = 24,3\ A.$$

Максимальный ток в цепи якоря двигателя при отсутствии пускового реостата:

$$I_{\text{П max}} = \frac{U_{ном}}{R_я} = \frac{220}{0,43} = 510\ A.$$

Тогда кратность пускового тока при прямом пуске (без пускового реостата):

$$K_I = \frac{I_{я\ \max}}{I_{я\ ном}} = \frac{510}{24,3} = 20,9.$$

Таким образом, начальный пусковой ток якоря двигателя без пускового реостата оказывается в 20,9 раз больше номинального его значения, поэтому в данном случае пуск двигателя без пускового реостата в цепи якоря недопустим.

Задача № 26. В генераторе постоянного тока с параллельным возбуждением (рис. 40) мощность $P_{2ном}$, отдаваемая в нагрузку при напряжении $U_{ном} = 100\ B$, составляет 1,95 кВт. Потери мощности в обмотках возбуждения Ш1-Ш2 и якоря Я1-Я2 равны соответственно 50 и 80 Вт. Определить ток, сопротивление обмотки якоря и наведенную в ней ЭДС.

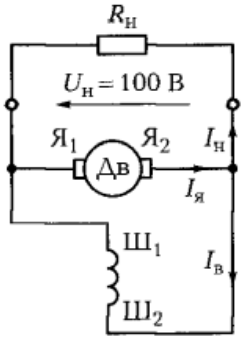


Рис. 40

Решение.

Ток в якоре генератора постоянного тока с параллельным возбуждением $I_я$ определяется суммой токов в нагрузке $I_н$ и в обмотке параллельного возбуждения $I_в$: $I_я = I_{ном} + I_в$.

Определим эти токи в соответствии с исходными данными:

$$I_B = \frac{P_B}{U_{ном}} = \frac{50}{100} = 0,5\ A.$$

$$I_{ном} = \frac{P_{2ном}}{U_{ном}} = \frac{1950}{100} = 19,5\ A.$$

Следовательно, ток в якоре равен:

$$I_я = I_в + I_{ном} = 0,5 + 19,5 = 20\ A.$$

Сопротивление обмотки якоря двигателя найдем из выражения для мощности:

$$R_я = \frac{P_я}{I_я^2} = \frac{80}{20^2} = 0,2\ Ом.$$

ЭДС генератора будет равна

$$\varepsilon = U_{ном} + R_я I_я = 100 + 0,2 \cdot 20 = 104\ B.$$

Задача № 27. Трехфазный синхронный электродвигатель типа СДН 14-49-6 имеет следующие номинальные данные: активную мощность на валу $P_{2ном} = 1000$ кВт, число пар полюсов $p = 3$, отношение максимального момента к номинальному моменту $M_{max} / M_{ном} = 2$, частоту вращения $n_{ном} = 1000$ об/мин, частоту питающего напряжения $f = 50\ Гц$. Определить номинальные значения угловой частоты вращения $\Omega_{ном}$,, номинальный $M_{ном}$ и максимальный M_{max} моменты двигателя, угол рассогласования нагрузки $\theta_{ном}$.

Решение.

Определяем номинальную угловую частоту вращения электродвигателя:

$$\Omega_{ном} = \frac{\omega}{p} = \frac{2\pi f}{p} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50}{3} = 104,7\ \frac{рад}{с}.$$

Номинальный момент электродвигателя:

$$M_{ном} = \frac{P_{2ном}}{\Omega_{ном}} = \frac{1000 \cdot 1000}{104,7} = 9551\ Н \cdot м.$$

Максимальный момент электродвигателя:

$$M_{\max} = 2M_{ном} = 2 \cdot 9551 = 19102 \; Н \cdot м.$$

Угол рассогласования при номинальной нагрузке:

$$\sin\theta_{ном} = \frac{M_{ном}}{M_{\max}} = \frac{9551}{19102} = \frac{1}{2} = 0,5 \; A, \text{ откуда } \theta_{ном} = \arcsin 0,5 = 30^{\circ}.$$

Задача № 28. В электрическую сеть с номинальным напряжением $U_{ном} = 380 \; В$ включены параллельно три синхронные трехфазные машины типа СМ114-6 с номинальными значениями: полной мощности $P_{ном} = 80 \; кВА,$ тока якоря $I_{ном} = 122 \; А,$ коэффициента мощности $cos\varphi_{ном} = 0,9,$ работающие в режиме генератора. Определить суммарную активную мощность, отдаваемую генераторами в сеть в номинальном режиме работы, а также мощности P_1' и $P_2',$ отдаваемые в питающую сеть генераторами в случае, если с изменением тока возбуждения и вращающего момента первичного двигателя ток якоря I_1 одного генератора возрос на 10% при $cos\varphi_1 = 0,96,$ а ток якоря I_2 другого генератора снизился на 10% при $cos\varphi_2 = 0,8.$

Решение.

Мощности, отдаваемые генераторами в питающую сеть в нормальном режиме работы:

$$P_{1ном} = P_{2ном} = P_{3ном} = \sqrt{3} U_{ном} I_{ном} \cos\varphi_{ном} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 122 \cdot 0,9 = 72,3 \text{ кВт}.$$

Суммарная активная мощность, отдаваемая в питающую сеть генераторами в нормальном режиме работы:

$$P_{\sum ном} = P_{1ном} + P_{2ном} + P_{3ном} = 3 \cdot 72,3 = 216,9 \text{ кВт}.$$

Ток якоря генератора в режимах, отличающихся от номинального: первого:

$$I_1 = 1,1 I_{ном} = 1,1 \cdot 122 = 134,1 \; А.$$
$$I_2 = 0,9 I_{ном} = 0,9 \cdot 122 = 109,8 \; А.$$

Активная мощность, отдаваемая в питающую сеть перегруженным генератором:

$$P_1' = \sqrt{3} U_{ном} I_1 cos\varphi_1 = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 134{,}1 \cdot 0{,}96 = 86{,}8 \text{ кВт}.$$

Активная мощность, отдаваемая в питающую сеть недогруженным генератором:

$$P_1' = \sqrt{3} U_{ном} I_1 cos\varphi_1 = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 134{,}1 \cdot 0{,}96 = 86{,}8 \text{ кВт}.$$

Задача № 29. Определить расчетную мощность P_p и выбрать по каталогу трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором с числом пар полюсов $p = 3$ для привода механизма, график нагрузки которого представлен на рис. 41.

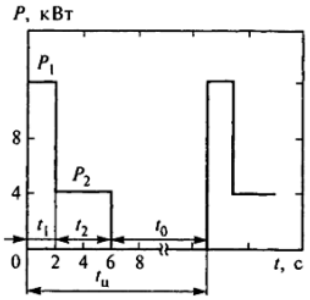


Рис.41

Решение.

Синхронная частота вращения электродвигателя:

$$n_1 = \frac{60 f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000 \text{ об / мин.}$$

Продолжительность включения электродвигателя:

$$ПВ = \frac{t_P 100\%}{t_p + t_0} = \frac{(t_1 + t_2)100\%}{t_1 + t_2 + t_0} = \frac{(2+4)100\%}{2+4+10} = 37{,}4\%,$$

где t_p – время работы механизма $\left(t_p = t_1 + t_2\right)$, с; $t_ц$ – время цикла работы механизма $\left(t_ц = t_p + t_0\right)$, с; t_0 – время паузы, с.

Эквивалентная мощность электродвигателя за время одного цикла:

$$P_{эк} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2}{t_1 + t_2}} = \sqrt{\frac{12^2 \cdot 2 + 4^2 \cdot 4}{2 + 4}} = 7,65\ кВт.$$

Расчетную мощность электродвигателя при ближайшем к расчетному каталожному значению $ПВ_{ном} = 40\%$ определяем как:

$$P_{40} = \sqrt{\frac{ПВ}{ПВ_{ном}}} = \sqrt{\frac{37,4}{40}} = 7,4 \text{ кВт}.$$

По данным расчетов выбираем по приложению [3, с. 127] ближайший больший по мощности, соответствующий частоте вращения n_1 электродвигатель типа MTKF311-6 с номинальными данными: $P_{2ном} = 11$ кВт, $n_{2ном} = 910\ об/мин$, $U_{1ном} = 380\ В$.

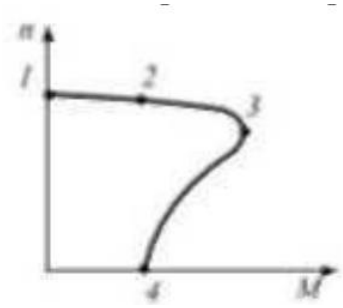
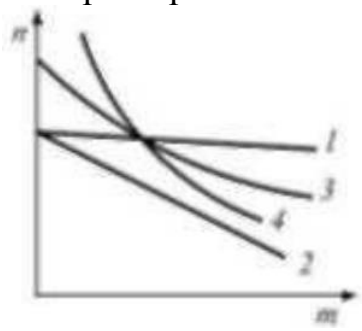
Примеры тестовых заданий

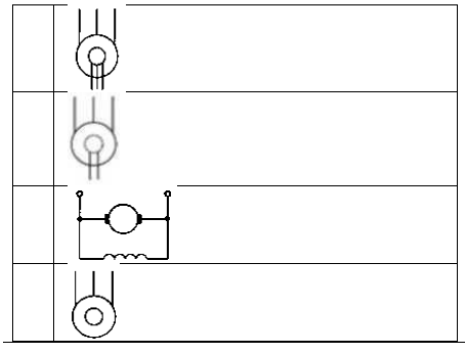
Вопрос	Варианты ответа (выберите правильный ответ или впишите правильный ответ)
Турбогенератор – это _____ синхронная машина, ротор которой вращается с синхронной частотой _____ *об/мин*.	явнополюсная; не менее 1500 явнополюсная; менее 1500 неявнополюсная; менее 1500 неявнополюсная; не менее 1500
Гидрогенератор – это _____ синхронная машина, ротор которой вращается с синхронной частотой _____ *об/мин.*	явнополюсная; менее 1500 явнополюсная; более 1500 неявнополюсная; менее 1500 неявнополюсная; более 1500
Активную мощность синхронного генератора, подключенного к энергосистеме, регулируют изменением …	момента первичного двигателя тока возбуждения генератора частоты вращения ротора генератора величины напряжения на выводах генератора
Частота вращения ротора асинхронной машины n_2 =___об/мин.	1. $\frac{60f}{P}(1-S)$ 2. $\frac{2\pi f}{P}(1-S)$ 3. $60f(1-S)$ 4. $2\pi f(1-S)$

При питании обмотки статора от трехфазной сети в воздушном зазоре асинхронной машины образуется вращающееся с частотой n_1 = ___об/мин магнитное поле.	1. $\frac{60f}{P}$ 2. $\frac{2\pi f}{P}$ 3. $60f$ 4. $2\pi f$
Частота вращения ротора синхронного двигателя n_2 = _____об/мин.	1. $\frac{60f}{P}$ 2. $\frac{2\pi f}{P}$ 3. $60f$ 4. $2\pi f$
К асинхронным относятся двигатели, у которых…	скорость вращения ротора меньше скорости вращения магнитного поля статора скорость вращения ротора не зависит от скорости вращения магнитного поля статора скорость вращения ротора равна скорости вращения магнитного поля статора скорость вращения ротора больше скорости вращения магнитного поля статора
К асинхронным относятся генераторы, у которых…	скорость вращения ротора меньше скорости вращения магнитного поля статора скорость вращения ротора не зависит от скорости вращения магнитного поля статора скорость вращения ротора равна скорости вращения магнитного поля статора скорость вращения ротора больше скорости вращения магнитного поля статора
Асинхронная машина при $n_1 < n_2$ работает в режиме	Генератора Двигателя Электромагнитного тормоза Холостого хода

Асинхронная машина при $n_1 > n_2$ работает в режиме	Генератора Двигателя Электромагнитного тормоза Холостого хода
Если асинхронный двигатель подключен к трехфазной сети частотой 50 Гц и вращается с частотой вращения 3000 об/мин, то он имеет количество полюсов	Один Два Три Четыре
Магнитопровод асинхронного двигателя набирают из тонких листов электротехнической стали, изолированных лаком друг от друга, для…	уменьшения потерь на вихревые токи или токов Фуко уменьшения потерь на гистерезис увеличения магнитодвижущей силы увеличения потерь на вихревые токи или токи Фуко
Если скорость вращения магнитного поля статора синхронной четырехполюсной машины 1500 об/мин, то номинальная скорость вращения ротора	1500 об/мин 3000 об/мин 1000 об/мин 500 об/мин
Частота ЭДС, создаваемой на статоре синхронной машины, определяют соотношением…	$f = \frac{60}{n_1 \cdot p}$ $f = np60$ $f = \frac{60p}{n_1}$ $f = \frac{n_1 \cdot p}{60}$
Для подведения постоянного напряжения к обмотке возбуждения ротора синхронной машины используется…	два контактных кольца одно контактное кольцо три контактных кольца четыре контактных кольца
Величину момента двигателя постоянного тока определяет выражение …	$M = C_M \Phi I_z$ $M = C_M \Phi I_B$ $M = C_M \Phi n$ $M = 9,55 \frac{P_H}{\eta}$

Назначение обмотки возбуждения в машине постоянного тока – …	создание основного магнитного потока создание дополнительного магнитного потока создание коммутации преобразование тока в пульсирующий ток
Для изготовления пластин коллектора машин постоянного тока применяется следующий материал…	медь электротехническая сталь алюминий железо
Направление вращения магнитного поля статора можно изменить, если…	поменять подключение двух любых фаз к трехфазной сети поменять подключение одной любой фазы к трехфазной сети поменять подключение трех фаз к трехфазной сети отключить статор от сети
Трехфазную обмотку на роторе, присоединенную к контактным кольцам, имеют …	асинхронные машины с фазным ротором асинхронные машины с короткозамкнутым ротором синхронные неявнополюсные машины машины постоянного тока с барабанным якорем
Обмотку на роторе типа «беличье колесо» имеют …	асинхронные машины с фазным ротором асинхронные машины с короткозамкнутым ротором синхронные неявнополюсные машины машины постоянного тока с барабанным якорем
У машины постоянного тока наименее надежной частью является …	Щеточно-коллекторный механизм Главные полюса Добавочные полюса Обмотка якоря
Синхронная машина не может работать в режиме	Генератора Двигателя Компенсатора фазовращателя

На рисунке изображена механическая характеристика асинхронного двигателя. Установите соответствие между обозначенными на характеристике точками и режимами работы двигателя.  1 2 3 4	<table><tr><td></td><td>режим электромагнитного тормоза</td></tr><tr><td></td><td>режим пуска</td></tr><tr><td></td><td>режим идеального холостого хода</td></tr><tr><td></td><td>режим максимальной критической нагрузки</td></tr><tr><td></td><td>режим номинальной нагрузки</td></tr></table>
Установите соответствие между изображенными механическими характеристиками двигателя постоянного тока и его способами возбуждения. 1. Характеристика 1. 2. Характеристика 2. 3. Характеристика 3. 4. Характеристика 4.  	<table><tr><td></td><td>с последовательным возбуждением</td></tr><tr><td></td><td>с параллельным возбуждением</td></tr><tr><td></td><td>с магнитоэлектрическим возбуждением</td></tr><tr><td></td><td>с параллельным возбуждением при включении реостата в цепь якоря</td></tr><tr><td></td><td>со смешанным возбуждением</td></tr></table>

Установите соответствие между электрической машиной и условным графическим обозначением: 1.Асинхронная машина с корткозамкнутым ротором 2.Асинхронная машина с фазным ротором 3. Синхронная машина 4. Машина постоянного тока	
Установите соответствие между частотой вращения ротора и числом полюсов для асинхронного двигателя: 1. 2910 об/мин. 2. 1455 об/мин. 3. 970 об/мин. 4. 725 об/мин.	| | 10 полюсов | | | 6 полюсов | | | 2 полюса | | | 8 полюсов | | | 4 полюса |
Установите соответствие между числом полюсов и частотой вращения для установленных на предприятии асинхронных двигателей: 1. Двухполюсный двигатель. 2. Четырехполюсный двигатель 3. Восьмиполюсный двигатель. 4. Десятиполюсный двигатель.	| | 725 об/мин | | | 364 об/мин | | | 582 об/мин | | | 2910 об/мин | | | 1455 об/мин |
Установите соответствие между электрическим двигателем и его конструктивной частью: 1. Асинхронный двигатель с фазным ротором. 2. Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. 3. Двигатель постоянного тока. 4. Синхронный двигатель.	| | Встроенный дроссель | | | Явнополюсный ротор | | | Коллектор | | | Обмотка «беличье колесо» | | | Контактные кольца |

РАЗДЕЛ 2. ЭЛЕКТРОНИКА

Тема 4. Элементная база электроники

При решении задач по данной теме у обучающихся определяется уровень сформированности умений по расчету параметров электровакуумных и полупроводниковых устройств.

Задача № 30. Определить действующее значение напряжения U_2 $(U_0 = 0,45U_2)$ на вторичной обмотке и коэффициент трансформации трансформатора k_T, амплитудные значения тока I_{2m} и напряжения U_{2m} на вторичной обмотке трансформатора, показание магнитоэлектрического миллиамперметра среднее значение выпрямленного тока I_0), включенного в цепь однополупериодного выпрямителя, собранного на кенотроне (рис. 42), если напряжение питающей сети $U_1 = 220$ *В*, $U_0 = 170$ *В*, нагрузочное сопротивление $R_н = 10,7$ *кОм*.

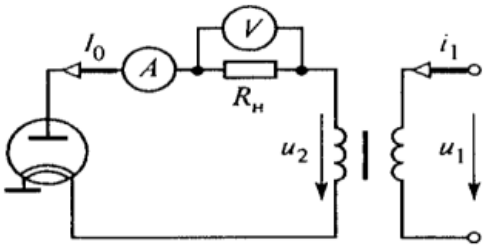


Рис. 42

Решение.

Определяем действующее значение напряжения вторичной обмотки трансформатора:

$$U_2 = \frac{\pi U_0}{\sqrt{2}} = \frac{170}{0,45} = 378\ B.$$

Рассчитываем амплитудное значение вторичного напряжения:

$$U_{2m} = \sqrt{2} \cdot U_2 = 1,41 \cdot 378 = 534\ B.$$

Коэффициент трансформации трансформатора:

$$k_T = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220}{378} = 0,58$$

Определяем амплитудное значение тока в цепи вторичной обмотки трансформатора:

$$I_{2m} = \frac{U_{2m}}{R_H} = \frac{534}{10700} = 0,05A = 50\ мА.$$

Задача № 31. Определить средние значения выпрямленных тока I_0 и напряжения U_0, мощность P, выделяемую в резисторе $R_н$, для однополупериодного выпрямителя, собранного на полупроводниковом диоде (рис. 43, а), если сопротивление диода в проводящем прямом направлении $R_{пр} = 5\ Ом$, а в непроводящем (обратном) направлении $R_{обр} = 1000\ Ом$, сопротивление нагрузочного резистора $R_н = 400\ Ом$, напряжение питающей сети $U = 220\ В$. Временной график тока приведен на рис. 43, б.

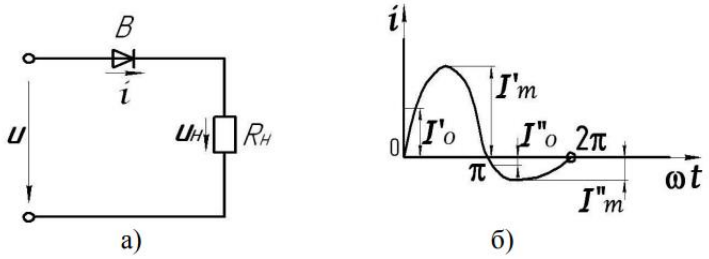


Рис. 43

Решение.

Рассчитываем сопротивление электрической цепи:

в проводящий полупериод: $R_1 = R_{пр} + R_н = 5 + 400 = 405\ Ом$

в непроводящий полупериод: $R_2 = R_{обр} + R_н = 1000 + 400 = 1400\ Ом.$

Определяем амплитудное значение напряжения питающей сети:

$$U_m = \sqrt{2} \cdot U = 1,41 \cdot 220 = 310\ В.$$

Тогда амплитудное значение тока:

в проводящий полупериод: $I'_m = \frac{U_m}{R_1} = \frac{310}{405} = 0,76\ A$

в непроводящий полупериод: $I''_m = \frac{U_m}{R_2} = \frac{310}{1400} = 0,22\ A$

Рассчитываем постоянные составляющие

прямого тока $I'_0 = \frac{I'_m}{\pi} = \frac{0,76}{3,14} = 0,24\ A.$

обратного тока $I''_0 = \frac{I''_m}{\pi} = \frac{0,22}{3,14} = 0,07A.$

Тогда средние значения

выпрямленного тока $I_0 = I'_0 - I''_0 = 0,24 - 0,07 = 0,17A.$

выпрямленного напряжения $U_0 = I_0 R_H = 400 \cdot 0,17 = 69,2B.$

Определяем мощность, выделяемую на сопротивлении резистора, обусловленную постоянной составляющей выпрямленного тока:

$$P = I_0^2 R_H = (0,16)^2 400 = 10,24 \text{ Вт.}$$

Задача № 32. Определить действующее значение напряжения U_2 $\left(U_0 = 0,9U_2\right)$, амплитудное значение напряжения U_{2m} на вторичной обмотке трансформатора, коэффициент трансформации трансформатора k_T, выбрать полупроводниковые вентили для двухполупериодного выпрямителя (рис. 44), выполненного по мостовой схеме, если напряжение питающей сети $U_1 = 127\ B$, $U_0 = 350\ B$, нагрузочное сопротивление $R_н = 1400\ Ом.$ Данные для выбора вентилей приведены в таблице.

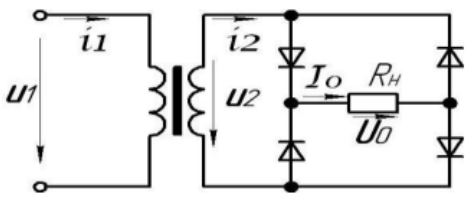


Рис. 43

Тип	I_0, A	$U_{обр\,max}$, B
Д101	0,1	200
Д102	0,2	300
Д103	0,3	400
Д104	0,4	500

Решение.

Определяем действующее значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора в данной схеме выпрямления:

$$U_2 = \frac{2\pi U_0}{\sqrt{2}} = \frac{U_0}{0,9} = \frac{350}{0,9} = 389\ B.$$

Коэффициент трансформации трансформатора:

$$k_T = \frac{U_1}{U_2} = \frac{127}{389} = 0,32$$

Рассчитываем амплитудное значение вторичного напряжения:

$$U_{2m} = \sqrt{2} \cdot U_2 = 1,41 \cdot 389 = 548\ B.$$

Тогда значение максимального обратного напряжения вентиля в данной мостовой схеме:

$$U_{обр\max} = U_{2m} = 548 \approx 550\ B.$$

Постоянная составляющая выпрямленного тока:

$$I_0 = \frac{U_0}{R_H} = \frac{350}{1400} = 0,25\ A.$$

Из данных таблицы, исходя из расчетного значения тока I_0 и значения обратного напряжения $U_{обр\max}$, выбираем вентили типа Д103 с номинальными данными: током $I_0 = 0,3\ A$ и максимально допустимым обратным напряжением вентиля $U_{обр\max\,табл} = 400B.$

Тогда число последовательно включенных вентилей в плече мостовой схемы: $N \geq \frac{U_{обр\max}}{U_{обр\max\,табл}} = \frac{550}{400} = 1,38.$ Принимаем $N = 2.$

Задача № 33. По условиям вышеприведенной задачи определить среднее значение выпрямленного тока I_0, амплитудные значения выпрямленного тока I_{2m}, мощность P_0, выделяемую в резисторе $R_н$.

Решение.

Значение выпрямленного тока:

$$I_0 = \frac{U_0}{R_H} = \frac{350}{1400} = 0,25\ A.$$

Амплитудные значения:

выпрямленного тока $I_{2m} = \pi I_0 = 3,14 \cdot 0,25 = 0,785\ A.$

выпрямленного напряжения $U_{2m} = \pi U_0 = 3,14 \cdot 350 = 1100\ A.$

Определяем мощность, выделяемую на сопротивлении резистора, обусловленную постоянной составляющей выпрямленного тока:

$$P = I_0^2 R_H = (0,25)^2 1400 = 87,5\ \text{Вт}.$$

Задача № 34. Для схемы полупроводникового стабилизатора (рис. 44, а) напряжения с диодом VD определить пределы изменения напряжения $U_н = 7,85\ B$ на нагрузочном резисторе $R_н = 12,5\ кОм,$ если напряжение источника питания $U = 12\ B$ изменяется в пределах ±10%. Сопротивление балластного резистора $R_б = 1000\ Ом,$ вольт-амперная характеристика диода на рабочем участке представлена на рис. 44, б, нелинейностью ВАХ на рабочем участке пренебречь.

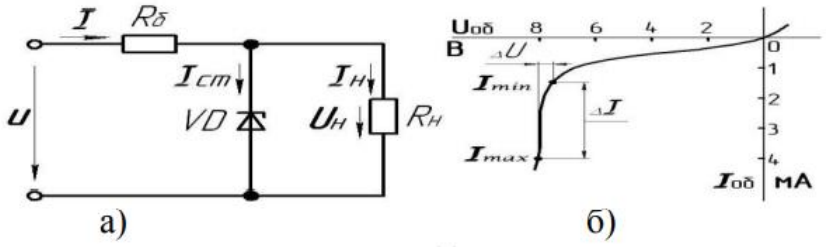


Рис. 44

Решение.

Дифференциальное сопротивление диода на рабочем участке ВАХ определяется как

$$R_i = \frac{\triangle U}{\triangle I} = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} = \frac{0,3}{3 \cdot 10^3} = 10 \ \text{Ом}.$$

Определяем нижний предел напряжения источника питания, соответствующий изменению напряжения (–10%): $U' = 0,9U = 0,9 \cdot 12 = 10,8 \ B$;

верхний предел напряжения источника питания, соответствующий изменению напряжения (+10%): $U'' = 1,1U = 1,1 \cdot 12 = 13,2 \ B$;

Изменение напряжения источника питания:

$$\triangle U = \frac{\triangle U}{1 + R_б / R_H + R_б / R_i} = \frac{2,4}{1 + \frac{1000}{12,5} + 1000/100} = \pm 0,218 \ B.$$

Процентное изменение напряжения на нагрузочном резисторе:

$$\triangle U_H \% = \mp \frac{\triangle U_H}{U_H} 100\% = \frac{0,218}{7,85} 100\% = \pm 2,7\%.$$

Задача № 35. Используя условия вышеприведенной задачи, определить среднее значение тока $I_{ср}$, соответствующее рабочей точке вольт-амперной характеристики, ток $I_н$ в цепи нагрузочного резистора $R_н$, а также ток стабилитрона $I_{ст}$ и напряжение $U_б$ на балластном резисторе при нормальном (номинальном) режиме работы стабилизатора.

Решение.

Определяем среднее значение тока стабилитрона, соответствующее рабочей точке характеристики:

$$I_{ср} = \frac{I_{\max} + I_{\min}}{2} = \frac{4 + 1,5}{2} = 3 \ \text{мА}.$$

Ток в цепи нагрузочного резистора:

$$I_H = \frac{U_H}{I_H} = \frac{7,85}{12,5 \cdot 10^3} = 0,625 \text{ мА}.$$

Напряжение на балластном резисторе определяем согласно уравнению, составленному по второму закону Кирхгофа:

$$U_б = U - U_H = 12 - 7,85 = 4,15 \text{ В}.$$

Ток стабилитрона при номинальном режиме работы выражаем из уравнения, составленного на основе закона Кирхгофа для рассматриваемой схемы: $U_б = R_б I = R_б \left(I_{ст\ ном} + I_н \right)$, откуда

$$I_{\text{ст ном}} = \frac{U_б - R_б I_H}{R_б} = \frac{4,15 - 12500 \cdot 0,625 \cdot 10}{12500} = 0,29 \text{ мА}.$$

Задача № 36. Для транзистора по схеме с общим эмиттером (рис. 45, а) определить по выходным характеристикам (рис. 45, б) коэффициент усиления $h_{21э}$, значение сопротивлений нагрузки $R_{к1}$ и $R_{к2}$ и мощность на коллекторе $P_{к1}$ и $P_{к2}$ для значений тока базы $I_{б1} = 200$ *мкА* и $I_{б2} = 250$ *мкА* при напряжении $U_{кэ} = 15$ *В* и напряжении на источнике питания $\varepsilon_к = 30$ *В*.

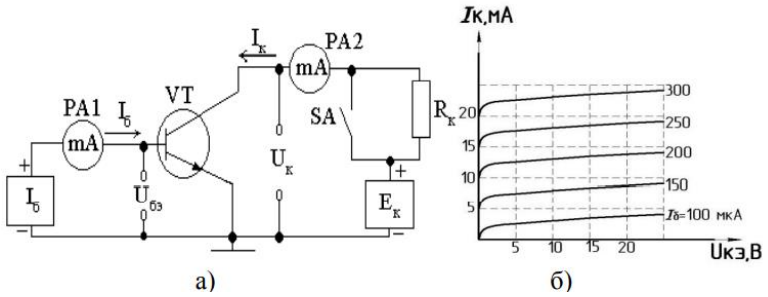


Рис. 45

Решение.

При заданном напряжении $U_{кэ} = 10$ *В* и токе базы $I_{б1} = 150$ *мкА* по выходным характеристикам транзистора определяем ток коллектора $I_{к1} = 6,87$ *мА*.

Аналогично находим ток коллектора при напряжении $U_{кэ} = 10$ *В* и

токе базы $I_{б2} = 200\ мкА$: $I_{к2} = 11{,}87 мА$.

Находим мощность на коллекторе при значениях тока $I_{к1}$ и $I_{к2}$:

$$P_{к1} = U_{кэ} I_{к1} = 10 \cdot 6{,}87 \cdot 10^{-3} = 68{,}75 \cdot 10^{-3} = 68{,}75 \text{ мВт}$$

$$P_{к2} = U_{кэ} I_{к2} = 10 \cdot 11{,}87 \cdot 10^{-3} = 118{,}75 \cdot 10^{-3} = 118{,}75 \text{ мВт}$$

Находим сопротивления нагрузки для различных токов коллектора:

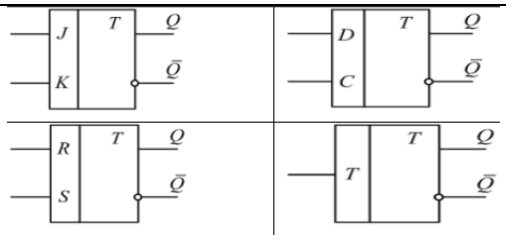
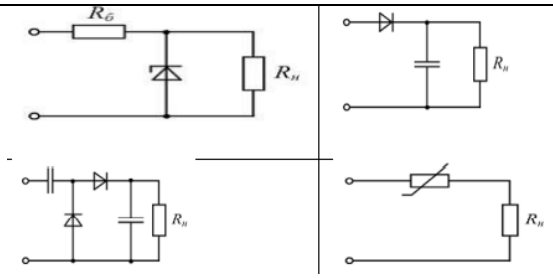
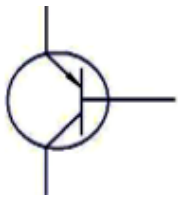
$$R_{к1} = (\varepsilon_к - U_{кэ}) / I_{к1} = \left(20 - 10\right) / 6{,}87 \cdot 10^{-3} = 1455\ Ом.$$

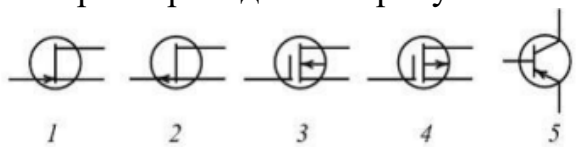
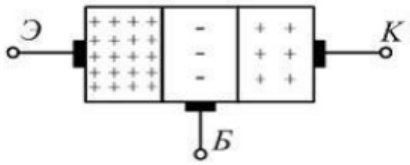
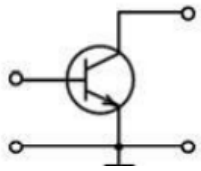
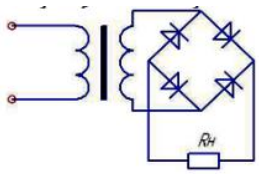
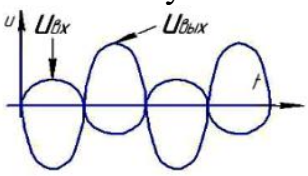
$$R_{к2} = (\varepsilon_к - U_{кэ}) / I_{к2} = \left(20 - 10\right) / 11{,}87 \cdot 10^{-3} = 842\ Ом.$$

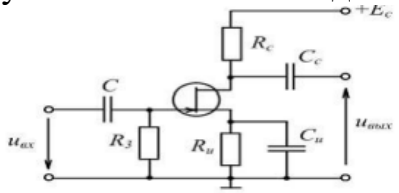
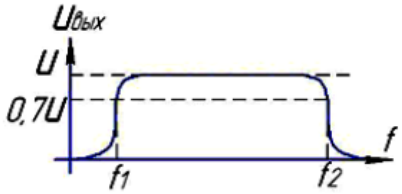
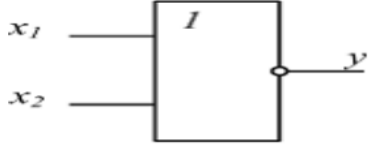
Определим коэффициент усиления по току:

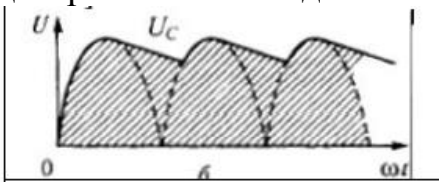
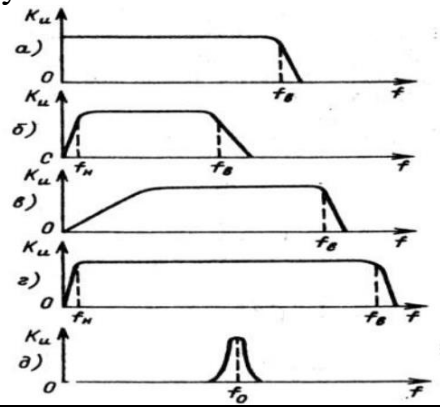
$$h_{21} = \triangle I_к / \triangle I_б = \left(I_{к2} - I_{к1}\right) / \left(I_{б2} - I_{б1}\right) = \left(11{,}87 - 6{,}87\right) \cdot 10^{-3} / \left(200 - 150\right) \cdot 10^{-6} = 100$$

Примеры тестовых заданий

Вопрос	Варианты ответа (выберите правильный ответ или впишите правильный ответ)
Полупроводники имеют сопротивление	Больше, чем проводники Меньше, чем проводники Меньше, чем медь Больше, чем диэлектрики
Условное обозначение универсального триггера приведено на рисунке …	
Информационный вход счетного триггера обозначается буквой …	D T Q S
На рисунке изображена _____ характеристика усилителя напряжения с резистивно-емкостной связью 	амплитудно-частотная фазочастотная амплитудная переходная
Схема параметрического стабилизатора напряжения приведена на рисунке …	
На рисунке изображен… 	Биполярный транзистор Полевой транзистор Полупроводниковый диод Тиристор

У биполярных транзисторов средний слой называется…	базой коллектором эмиттером управляющим катодом
Условные обозначения полевых транзисторов с изолированным затвором приведены на рисунках …  	3,4 1,2 2,5 2,3
На рисунке изображена структура …  	биполярного транзистора триодного тиристора выпрямительного диода полевого транзистора
На рисунке приведено условное графическое обозначение … 	биполярного транзистора типа *n-p-n* биполярного транзистора типа *p-n-p* полевого транзистора с изолированным затвором полевого транзистора с управляющим *p-n* переходом
На рисунке изображена схема…  	Двухполупериодного мостового выпрямителя Двухполупериодного выпрямителя с выводом средней точки Однополуперидоного выпрямителя Трехфазного однополупериодного выпрямителя
Временным диаграммам напряжения на входе и выходе усилителя соответствует…  	инвертирующий усилитель на операционном усилителе операционный усилитель на инвертирующем усилителе транзисторный усилитель микропроцессор

Приведенная таблица характеризует логическую операцию … <table><tr><td>X1</td><td>X2</td><td>У</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	Умножения (И) 0x0=0, 0x1=0, 1x0=0, 1x1=1 Сложения (ИЛИ) Инверсии (НЕ) Стрелки Пирса (ИЛИ-НЕ)
На рисунке изображена схема усилительного каскада с общим … 	истоком стоком затвором коллектором
На графике f_1 определяет для усилителя… 	Нижнюю граничную частоту усиления Верхнюю граничную частоту усиления Полосу пропускания, в которой усилитель не работает Полосу пропускания усилителя
Инвертором называется устройство, преобразующее энергию …	постоянного тока в энергию переменного тока переменного тока в энергию постоянного тока постоянного тока с одним значением напряжения в энергию постоянного тока с другим значением напряжения переменного тока с одним значением напряжения в энергию переменного тока с другим значением напряжения
Логический элемент, условное обозначение которого приведено на рисунке, называется _____ 	_____

Устройство, предназначенное для записи и хранения дискретного «слова» двоичного числа и другой кодовой комбинации называется	_____
Узел для подсчета входных сигналов и хранения двоичного кода числа подсчитанных сигналов – это	_____
Устройство с двумя состояниями, обладающее памятью – это	_____
На рисунке приведена временная диаграмма на выходе … 	Инвертора Сглаживающего фильтра Мостового выпрямителя Тиристора
На рисунке изображены амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) усилителей различных видов. Установите соответствие между АЧХ и видом усилителя 	А Б В Г Д

ЛИТЕРАТУРА

1. Бутырин, П. А. Основы электротехники [Электронный ресурс]: учебник для студентов средних и высших учебных заведений профессионального образования по направлениям электротехники и электроэнергетики/ Бутырин П. А., Толчеев О. В., Шакирзянов Ф. Н.— Электрон. текстовые данные.— М. : Издательский дом МЭИ, 2014.— 360 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/33220.html.— ЭБС «IPRbooks».

2. Данилов, И. А. Общая электротехника [Текст]: учеб. пособие для бакалавров / И. А. Данилов. – М. : Изд. Юрайт, 2014. – 673 с.

3. Ермуратский, П. В. Электротехника [Текст]: учебник для вузов / П. В. Ермуратский, Г. П. Лычкина, Ю. Б. Минкин. – М. : ДМК Пресс, 2015 – 416 с.

4. Контобойцева, М. Г. Контрольные материалы по электротехнике и электронике. Ч. 3. Электрические машины и трансформаторы [Текст]: учеб. пособие / М. Г. Контобойцева, Т. Х. Мансуров, И. Г. Сафронова. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2014. – 184 с.

5. Контобойцева, М. Г. Контрольные материалы по электротехнике и электронике. Ч. 1. Электрические цепи постоянного тока. Электромагнетизм [Текст]: учеб. пособие / М. Г. Контобойцева, Т. Х. Мансуров. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2013. – 171 с.

6. Контобойцева, М. Г. Контрольные материалы по электротехнике и электронике. Ч. 2. Линейные электрические цепи синусоидального тока [Текст]: учеб. пособ. / М. Г. Контобойцева, Т. Х. Мансуров. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2014. – 188 с. 114

7. Бобровников, Л. З. Электроника [Текст]: учеб. для вузов / Л. З. Бобровников. – 5-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Питер, 2004. – 560 с.

8. Бондарь, И. М. Электротехника [Текст]: учеб пособие / И. М. Бондарь. – М. : ИКЦ «Март», 2005. – 336 с.

9. Данилов, И. А. Общая электротехника с основами электроники [Текст]: учеб пособие / И. А. Данилов, П. М. Иванов. – М. : Высш. шк., 2008. – 663 с.

10. Касаткин, А. С. Электротехника [Текст]: учеб. для вузов / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. – 9-е изд., стер. − М. : Издательский центр «Академия», 2005. − 544 с.

11. Князева, Т. О. Электротехника [Электронный ресурс]: курс лекций / Т. О. Князева. – Режим доступа : http://www.school-knyazkova.ru.

12. Контобойцева, М. Г. Контрольные материалы по электротехнике и электронике. Ч. 2. Линейные электрические цепи синусоидального тока [Электронный ресурс]: учеб. пособ. / М. Г. Контобойцева, Т. Х. Мансуров.

– Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2013. – 189 с. – Режим доступа : Интранет: elib.mchs.ru (ip-адрес: http://10.46.0.45).

13. Контобойцева, М. Г. Контрольные материалы по электротехнике и электронике [Электронный ресурс]: учеб. пособие в 3-х ч. Ч. 3. Электротехнические машины и трансформаторы / М. Г. Контобойцева, Т. Х. Мансуров, И. Г. Сафронова. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2014. – 184 с. – Режим доступа : Интранет: elib.mchs.ru (ip-адрес: http://10.46.0.45).

14. Контобойцева, М. Г. Контрольные материалы по электротехнике и электронике: Часть 1. Электрические цепи постоянного тока. Электромагнетизм [Электронный ресурс]: учеб. пособие / М. Г. Контобойцева, Т. Х. Мансуров. Екатеринбург : Уральский институт 115 ГПС МЧС России, 2013. – 171 с. – Режим доступа : Интранет: elib.mchs.ru (ip-адрес: http://10.46.0.45).

15. Миловзоров, О. В. Электроника [Текст]: учеб. для вузов / О. В. Миловзоров, И. Г. Панков. – 2-е изд., перераб. – М. : Высш. шк., 2005. – 288с.

16. Рекус, Г. Г. Сборник задач и упражнений по электротехнике и основам электроники [Текст]: учеб. пособие / Г. Г. Рекус, А. И. Белоусов. – М. : Высш. школа, 2002. – 416 с.

17. Тексты книг по электротехническим дисциплинам в формате .pdf [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.kodges.ru.

18. Щука, А. А. Электроника [Текст]: учеб. пособие / А. А. Щука. – СПб : БХВ–Петербург, 2005. – 800 с.

19. Электротехника [Текст]: Методические рекомендации по изучению дисциплины (направление подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов) / А.А. Сушкевич, А.В. Борисенко - Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2022. - 27 с.

20. Электротехника [Текст]: Методические рекомендации для организации самостоятельной работы (направление подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов) / А.А. Сушкевич, А.В. Борисенко - Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2022. - 42 с.